

"Express Mail" mailing label number EV 327 136 929 US

Date of Deposit 11/12/03

Our File No. 9281-4707
Client Reference No. SN US02083

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Kinshiro Takadate et al.)
Serial No. To Be Assigned)
Filing Date: Herewith)
For: Non-Reciprocal Circuit Element With)
Reduced Shift Of Center Frequency Of)
Insertion Loss With Change In)
Temperature And Communication)
Device)

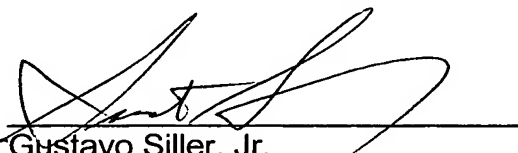
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2002-334999, filed November 19, 2003 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,


Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicants
Customer Number 00757

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

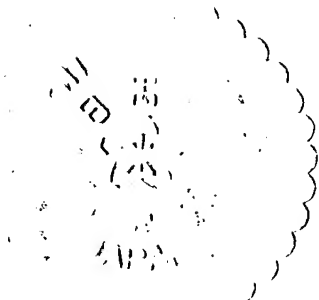
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 4 9 9 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 3 4 9 9 9]

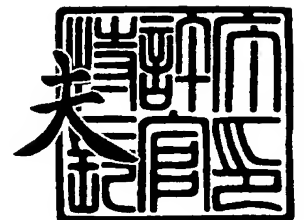
出 願 人 アルプス電気株式会社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 8 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 5 9 0 0



【書類名】 特許願

【整理番号】 N02083

【提出日】 平成14年11月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01P 1/38

【発明の名称】 非可逆回路素子及び通信機装置

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 高館 金四郎

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 大西 人司

【特許出願人】

 【識別番号】 000010098

 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108578

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 非可逆回路素子及び通信機装置

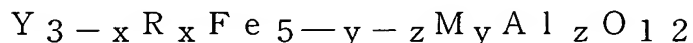
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状磁性体と、該板状磁性体の一面側に配置された共通電極と、該共通電極の外周部から前記板状磁性体を包むように 3 方向に延出形成されて板状磁性体の他面側に折曲されるとともに該他面側で相互に所定の角度でもって交差された 3 つの中心導体と、前記板状磁性体に対向して配置されたバイアス用の磁石とを具備してなり、

前記板状磁性体の飽和磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.2 ($\%/^{\circ}\text{C}$) 以上 -0.1 ($\%/^{\circ}\text{C}$) 以下であり、

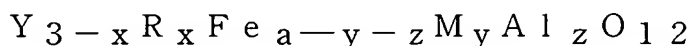
前記磁石の残留磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.20 ($\%/^{\circ}\text{C}$) 以上 -0.15 ($\%/^{\circ}\text{C}$) 以下であることを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 2】 前記板状磁性体が下記の組成式で表されるガーネットフェライトであることを特徴とする請求項 1 に記載の非可逆回路素子。



ただし、前記 R は La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu のうちの 1 種または 2 種以上の元素であり、前記 M は、In のみ、Ca と Sn の組合せ、Ca と Zr の組合せ、のいずれかであり、化学量論比を示す x 、 y 、 z は $0.3 \leq x \leq 1.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.6$ 、 $0 \leq z \leq 0.5$ の範囲である。

【請求項 3】 前記板状磁性体が下記の組成式で表されるガーネットフェライトであることを特徴とする請求項 1 に記載の非可逆回路素子。



ただし、前記 R は La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu のうちの 1 種または 2 種以上の元素であり、前記 M は、In のみ、Ca と Sn の組合せ、Ca と Zr の組合せ、のいずれかであり、化学量論比を示す a 、 x 、 y 、 z は $4.75 \leq a \leq 4.95$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.6$ 、 $0 \leq z \leq 0.5$ の範囲である。

【請求項 4】 入力側及び出力側の中心導体の交差部における両中心導体の重複部分の長さが、前記他面側に重なる各中心導体部分の長さの 10% 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の非可逆回路素子。

【請求項 5】 入力側及び出力側の中心導体に整合用コンデンサが各々接続され、残りの中心導体に整合用コンデンサ及び終端抵抗が接続された構成を備えることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の非可逆回路素子。

【請求項 6】 請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の非可逆回路素子と、該非可逆回路素子の入力側の中心導体に接続された送信回路部と、出力側の中心導体に接続されたアンテナとを具備してなることを特徴とする通信機装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、非可逆回路素子及び通信機装置に関するものであり、特に、温度変化に対する挿入損失の中心周波数の変化の少ない非可逆回路素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

集中定数型のアイソレータは、信号を伝送方向に損失なく通過させ、逆方向への信号の通過を阻止する機能を備えた高周波部品であり、携帯電話等の移動通信装置の送信回路部とアンテナとの間に配置されて使用されている。

【0003】

このアイソレータは、板状磁性体と、該板状磁性体に巻掛けられた 3 つの中心導体と、板状磁性体にバイアス磁界を印加する磁石とを主体として構成されている。板状磁性体としては例えば、イットリウム鉄ガーネットフェライト（YIG フェライト（基本組成 $Y_3Fe_5O_{12}$ ））が用いられ、磁石としてはフェライト磁石が用いられている。

尚、アイソレータの先行技術文献としては、例えば下記特許文献 1 がある。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-283821号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、一般的なYIGフェライトの飽和磁化の温度係数は、 $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.27 ($\%/^{\circ}\text{C}$)程度であり、フェライト磁石の残留磁化の温度係数は、同じ温度範囲で -0.18 ($\%/^{\circ}\text{C}$)程度であり、両者の温度係数の差が絶対値で 0.09 程度になっている。従って、磁石の残留磁化の低下率よりもYIGフェライトの飽和磁化の低下率が大幅に大きくなっている。このため、YIGフェライトの飽和磁化に対する磁石の残留磁化の割合が温度低下に伴って大きくなり、中心導体のインダクタンスが低下して挿入損失の中心周波数が設定値から大きく外れ、アイソレータの挿入損失が増大するといった問題があった。

【0006】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、温度変化に対する挿入損失の中心周波数の変化が少ない非可逆回路素子を提供するとともに、通信性能に優れた通信機器装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

本発明の非可逆回路素子は、板状磁性体と、該板状磁性体の一面側に配置された共通電極と、該共通電極の外周部から前記板状磁性体を包むように3方向に延出形成されて板状磁性体の他面側に折曲されるとともに該他面側で相互に所定の角度でもって交差された3つの中心導体と、前記板状磁性体に対向して配置されたバイアス用の磁石とを具備してなり、前記板状磁性体の飽和磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.2 ($\%/^{\circ}\text{C}$)以上 -0.1 ($\%/^{\circ}\text{C}$)以下であり、前記磁石の残留磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.20 ($\%/^{\circ}\text{C}$)以上 -0.15 ($\%/^{\circ}\text{C}$)以下であることを特徴とする。

【0008】

係る非可逆回路素子によれば、板状磁性体の飽和磁化の温度係数が -0.2 ($\%/^{\circ}\text{C}$) 以上 -0.1 ($\%/^{\circ}\text{C}$) 以下であり、従来のYIGフェライトの飽和磁化の温度係数よりも大きく、磁石の残留磁化の温度係数に近づくので、YIGフェライトの飽和磁化に対する磁石の残留磁化の割合が温度低下に関わらずほぼ一定となり、中心導体のインダクタンスが一定になって挿入損失の中心周波数が設定値から外れることがなく、非可逆回路素子の挿入損失の増大を防止できる。

【0009】

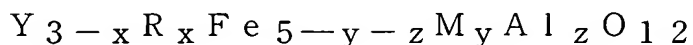
また、本発明の非可逆回路素子では、板状磁性体の強磁性共鳴半値幅 ΔH が 4.8 kA/m 以下であることが好ましく、 2.4 kA/m 以下であることがより好ましい。

強磁性共鳴半値幅 ΔH とは、透磁率の虚数部 μ'' のピークの半値幅として知られている値であり、通常の磁性体の透磁率を測定する場合は磁場をかけた方向と同じ方向に基づいて透磁率を測定するものであるのに対し、静磁場で飽和させた状態で静磁場の方向と直角方向に高周波磁界を印加した時の透磁率を測定し、その虚数部の測定値から求められる値である。この値が小さいほど損失としては小さいことを意味する。

従って本発明の非可逆回路素子によれば、板状磁性体の強磁性共鳴半値幅 ΔH が 4.8 kA/m 以下なので、挿入損失を小さくすることができる。

【0010】

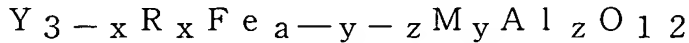
また本発明の非可逆回路素子では、前記板状磁性体が下記の組成式で表されるガーネットフェライトであることが好ましい。



ただし、前記RはLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうちの1種または2種以上の元素であり、前記Mは、Inのみ、CaとSnの組合せ、CaとZrの組合せ、のいずれかであり、化学量論比を示す x 、 y 、 z は $0.3 \leq x \leq 1.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.6$ 、 $0 \leq z \leq 0.5$ の範囲である。

【0011】

また本発明の非可逆回路素子では、前記板状磁性体が下記の組成式で表されるガーネットフェライトであることが好ましい。



ただし、前記RはLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうちの1種または2種以上の元素であり、前記Mは、Inのみ、CaとSnの組合せ、CaとZrの組合せ、のいずれかであり、化学量論比を示すa、x、y、zは $4.75 \leq a \leq 4.95$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.6$ 、 $0 \leq z \leq 0.5$ の範囲である。

尚、上記の2つの組成式のいずれにおいても、元素Rとして特にGdが好ましく、上記元素Mとして特にInが好ましい。

【0012】

係る非可逆回路素子によれば、板状磁性体が上記組成式で表されるガーネットフェライトであるため、飽和磁化の温度係数を -0.2 （%/℃）以上 -0.1 （%/℃）以下の範囲にすることができる。

【0013】

また本発明の非可逆回路素子は、先に記載の非可逆回路素子であり、入力側及び出力側の中心導体の交差部における両中心導体の重複部分の長さが、前記他面側に重なる各中心導体部分の長さの10%以上であることを特徴とする。

【0014】

係る非可逆回路素子によれば、入力側及び出力側の中心導体の交差部の両中心導体の重複部分の長さが上記のように設定されるため、各中心導体の重複部分で確保される容量値が大きくなり、その分、各中心導体のインダクタンスを小さくすることによって温度によるインダクタンスの変化量を極力少なくすることができる。非可逆回路素子の挿入損失を低減できる。

【0015】

また本発明の非可逆回路素子は、先に記載の非可逆回路素子であり、入力側及び出力側の中心導体に整合用コンデンサが各々接続され、残りの中心導体に整合用コンデンサ及び終端抵抗が接続された構成を備えることを特徴とする。

【0016】

係る非可逆回路素子によれば、入力側から出力側に信号に損失なく通過させ、逆方向には信号を通過させないので、携帯電話等の移動通信装置に好適に用いることができる。

【0017】

次に本発明の通信機装置は、先のいずれかに記載の非可逆回路素子と、該非可逆回路素子の入力側の中心導体に接続された送信回路部と、出力側の中心導体に接続されたアンテナとを具備してなることを特徴とする。

【0018】

係る通信機装置によれば、温度変化に対する挿入損失の変化が少ない上記の非可逆回路素子を備えているので、挿入損失の増大を抑制して安定した通信を行うことができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

（第1の実施形態）

図1～図3は本発明に係る非可逆回路素子をアイソレータとして適用した第1の実施形態を示すものである。

本実施形態のアイソレータ1（非可逆回路素子）は、上ヨーク2a及び下ヨーク2bからなる中空ヨーク3内に、フェライトなどからなる磁石4と板状磁性体5と線路導体6、7、8とこれら線路導体6、7、8を接続した共通電極10と板状磁性体5の周囲に配置された整合用コンデンサ11、12と終端抵抗13とを備えて構成されている。

【0020】

上ヨーク2a及び下ヨーク2bは軟鉄などの強磁性体からなり、これらが組み合わされて直方体状の中空ヨーク3が形成される。なお、上下ヨーク2a、2bの表裏面にはAgメッキなどの導電層が被覆形成されることが好ましい。また、側面コ字型の上ヨーク2aは側面コ字型の下ヨーク2bに嵌め込み自在の大きさとされており、上ヨーク2aと下ヨーク2bの互いの開口部分を嵌め合わせることで両者を一体として箱型の磁気閉回路を構成することができるよう構成され

ている。

なお、これらのヨーク 2 a、2 b の形状はこの実施形態の如くコ字型に限るものではなく、複数のヨークで箱型の閉磁器回路を構成するものであれば、任意の形状で差し支えない。

嵌め合わされた上下ヨーク 2 a、2 b が区画する空間には、換言すると中空ヨーク 3 の内部には、先の板状磁性体 5 と 3 本の線路導体 6、7、8 とこれら線路導体 6、7、8 を接続した共通電極 10 とからなる磁性組立体 15 が収納されている。このように本実施形態のアイソレータは、磁性組立体 15 を有している。

【0021】

板状磁性体 5 は、後述する組成のガーネットフェライトからなり、円形、角形等、必要に応じて様々な形状にすることができるが、本実施形態においては、図 2 に示すように平面視横長の略長方形板状とされている。より詳細には、相対向する横長の 2 つの長辺 5 a、5 a と、これらの長辺 5 a、5 a に直角向きの短辺 5 b、5 b と、長辺 5 a、5 a の両端部側に位置して各長辺 5 a に対して 150° の角度で傾斜し（長辺 5 a の延長線に対しては 30° の傾斜角度で傾斜し）、個々に先の短辺 5 b に接続する 4 つの傾斜辺 5 d とから構成される平面視横長の略長形状とされている。従って板状磁性体 5 の平面視 4 つのコナ部には、それぞれ長辺 5 a に対する 150° 傾斜（短辺 5 b に対して 120° 傾斜）の傾斜面（受面）5 d が形成されている。

【0022】

この板状磁性体 5 は、Y と、元素 R と、Fe と、元素 M と、O を少なくとも含有し、場合によって Al を含むガーネットフェライトであり、 $Y_3Fe_5O_{12}$ を基本組成とし、Y の一部を元素 R に置換するとともに Fe の一部を元素 M 及び Al に置換したものであり、 $-85^\circ\text{C} \sim -35^\circ\text{C}$ の温度範囲で -0.2 （%/℃）以上 -0.1 （%/℃）以下の飽和磁化の温度係数を示すものである。更に、この板状磁性体 5 は、 4.8 kA/m 以下、より好ましくは 2.4 kA/m 以下の強磁性共鳴半値幅 ΔH を示すものである。板状磁性体 5 の組成として、例えば、以下の組成を例示できる。

即ち、 $Y_{3-x}R_xFe_{5-y-z}M_yAl_zO_{12}$ である。

ただし、前記RはLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうちの1種または2種以上の元素であり、前記Mは、Inのみ、CaとSnの組合せ、CaとZrの組合せ、のいずれかであり、 x 、 y 、 z は $0.3 \leq x \leq 1.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.6$ 、 $0 \leq z \leq 0.5$ の範囲である。

【0023】

また本実施形態の板状磁性体5として、以下の組成のガーネットフェライトを用いても良い。

即ち、 $Y_{3-x}R_xFe_{a-y-z}M_yAl_zO_{12}$ である。

ただし、前記RはLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうちの1種または2種以上の元素であり、前記Mは、Inのみ、CaとSnの組合せ、CaとZrの組合せ、のいずれかであり、 a 、 x 、 y 、 z は $4.75 \leq a \leq 4.95$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.6$ 、 $0 \leq z \leq 0.5$ の範囲である。

尚、上記の2つの組成式のいずれにおいても、元素Rとして特にGdが好ましく、上記元素Mとして特にInが好ましい。

【0024】

上記組成式において、Yは、FeとO（酸素）とともにガーネットフェライト結晶を構成する必須元素である。Yの一部を元素Rで置換することにより、飽和磁化の温度係数を高めることが可能になる。

【0025】

次に元素Rは、Yの一部と置換して添加することにより、ガーネットフェライトの飽和磁化の温度係数を高める作用があり、特にGdは温度係数を高める効果が大きい。Gdを含む元素Rは、電子の軌道モーメントに由来する磁気モーメントを示し、絶対零度付近から室温に至るまでの間で飽和磁化が急激に増大する特性を示す。この元素Rの磁気特性と、温度上昇により磁化が徐々に低下するFeの磁気特性との相互作用によって、ガーネットフェライトの飽和磁化の温度係数を制御できる。Gdの量 x は0.3以上1.5以下の範囲が好ましい。 x が0.3未満だと、ガーネットフェライトの飽和磁化の温度係数が $-0.2\%/^{\circ}\text{C}$ 未満

になってしまうので好ましくなく、 x が1.5を超えるとガーネットフェライトの飽和磁化の温度係数が $-0.1\%/^{\circ}\text{C}$ を超えてしまうので好ましくない。

【0026】

Feは、磁性元素であってYやOと共にガーネットフェライト結晶を構成する必須元素である。Feには2価と3価の2つの電子状態のもの結晶中に含まれ、いわゆるスピン量子数に基づいた磁気モーメントを示し、絶対零度付近から室温に至るまでの間で飽和磁化が徐々に低下し、キュリー点で飽和磁化が0になる特性を示す。このFeの磁気特性と、温度上昇により磁化が増大する元素Rの磁気特性との相互作用によって、ガーネットフェライトの飽和磁化の温度係数を制御できる。また、Feの一部を元素M及びAlで置換することにより、ガーネットフェライトの強磁性共鳴半値幅 ΔH を低くして非可逆回路素子の挿入損失を小さくすることができる。ガーネットフェライトにおいては、Feと元素MとAlの合計量である化学量論比は5であるが、上記組成式中のaに示すようにFeと元素MとAlの合計を4.75以上4.95以下の範囲にすることもできる。aを前記の範囲とすることによって、ガーネットフェライトの強磁性共鳴半値幅 ΔH を 2.4 kA/m 以下にすることができ、非可逆回路素子の挿入損失をより小さくすることができる。尚、Fe含有量を少なくしすぎると、即ち、Feを含む化学量論比aを4.75未満にすると ΔH の値が明らかに悪化するので好ましくない。

【0027】

Feの一部と置換して元素Mを添加することにより、ガーネットフェライトの強磁性共鳴半値幅 ΔH を低くすることができる。元素Rの量を調整して飽和磁化の温度係数を $-0.2 \sim -0.1\%/^{\circ}\text{C}$ にすると、強磁性共鳴半値幅 ΔH が上昇して挿入損失が増大する場合があります、元素Mを添加して強磁性共鳴半値幅 ΔH を低くする。元素Mの量yは、0以上0.6以下の範囲が好ましい。yが0.6を超えると、飽和磁化の温度係数が $-0.2\%/^{\circ}\text{C}$ 未満になってしまうので好ましくない。

【0028】

更に、Feの一部と置換してAlを添加することにより、ガーネットフェライ

トの飽和磁化 ($4\pi Ms$) を低く調整することができる。元素 R の組成比を調整して飽和磁化の温度係数を $-0.2 \sim -0.1\% / ^\circ\text{C}$ にすると、強磁性共鳴半値幅 ΔH が上昇して挿入損失が増大する場合があります、元素 M を添加して強磁性共鳴半値幅 ΔH を低くする。一方、元素 M を添加することで飽和磁化 ($4\pi Ms$) が高くなるため、Al を添加して飽和磁化 ($4\pi Ms$) を低くする方法が有効である。Al の量 z は、0 以上 0.5 以下の範囲が好ましい。 z が 0.5 を超えると、相対的に Fe 量が低下して、飽和磁化が低くなってしまいうので好ましくない。

【0029】

O は、Y や Fe と共にガーネットフェライト結晶を構成する必須元素であり、その量はガーネットフェライトの基本組成 ($Y_3Fe_5O_{12}$) に基づいて 12 であることが好ましい。

【0030】

この板状磁性体 5 を製造するには、まず、目的とする組成の構成元素の酸化物粉末を用意し、目的の元素組成比となるように混合する。

例えば、Y-Gd-Fe-Al-M-O 系のガーネットフェライトを製造するためには、原料として、 Y_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MO_b (In_2O_3 等)、 Al_2O_3 の各粉末等を用意する。

【0031】

次に、各粉末を目的の組成比になるように秤量する。なお、粉末状ではない粒状あるいは固体状の原料を用いる場合は、これらの原料を混合し、ボールミル、あるいはアトライタ等の粉碎混合装置により原料を粉碎混合する処理を行う。次に、得られた混合物を乾燥した後、 $1000^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ 程度の温度で大気中もしくは酸素雰囲気中において必要時間、例えば数時間仮焼し、仮焼粉末（仮焼物）を得、この仮焼粉末（仮焼物）をボールミルあるいはアトライタ等によって粉碎して粉末化する。

得られた仮焼後の粉末の粒径を揃えた後、バインダーとともに目的の形状となるように成型し、 $1t/cm^2$ 程度の圧力を加えて目的の円盤状あるいは板状あるいは角柱状などの形状に成型し、次いでこの成型体を $1350^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ 程度の温度に加熱して焼結する。なおここで、目的の形状に近い形に成型してお

き、焼結後に得られた成型体から目的の形状の板状磁性体 5 を切り出すようにして製造することもできる。

【0032】

次に、磁石 4 は、板状磁性体 5 と対向して配置されている。この磁石は、板状磁性体 5 にバイアス磁界を印加するものであり、その残留磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.20 ($\% / ^{\circ}\text{C}$) 以上 -0.15 ($\% / ^{\circ}\text{C}$) 以下を示すものが好ましい。このような磁石として例えばフェライト磁石などを例示できる。

【0033】

次に、先の 3 本の線路導体 6、7、8 と共通電極 10 は、図 3 の展開図に示すように一体化されてなり、3 本の線路導体 6、7、8 と共通電極 10 とを主体として電極部 16 が構成されている。この共通電極 10 は、平面視先の板状磁性体 5 とほぼ相似形状の金属板からなる本体部 10A から構成されている。即ち、本体部 10A は相対向する 2 つの長辺部 10a、10a と、これらの長辺部 10a、10a に直角向きの短辺部 10b、10b と、長辺部 10a、10a の両端部側に位置して各長辺部 10a に対して 150° の角度で傾斜し、先の短辺部 10b に対しては 120° の傾斜角度で接続する傾斜部 10d とから構成される平面視略長方形（矩形状）とされている。

【0034】

そして、共通電極 10 から第 1 線路導体 6 と第 2 線路導体 7 とが延出形成されている。まず、共通電極 10 の一方の長辺部 10a の一端側から第 1 基部導体 6a と第 1 中心導体 6b（中心導体）と第 1 先端部導体 6c からなる第 1 線路導体 6 が延出形成される一方、長辺部 10a の他端側から第 2 基部導体 7a と第 2 中心導体 7b（中心導体）と第 2 先端部導体 7c とからなる第 2 線路導体 7 が延出形成されている。

基部導体 6a、7a はそれらの中心軸線 A、A 同士のなす角度 θ_1 が図 3 に示すように 60° 程度とされている。

また、第 1 中心導体 6b が入力側の中心導体とされ、第 2 中心導体 7b が出力側の中心導体とされている。

【0035】

第1中心導体6bは、平面視波形あるいはジクザグ状のものであり、基部導体側端部6Dと、先端部導体側端部6Fと、これらの間の中央部6Eの3つの部分からなる。第2中心導体7bも第1中心導体6bと同様の形状であり、基部導体側端部7Dと、先端部導体側端部7Fと、これらの間の中央部7Eの3つの部分からなる。第1、第2中心導体6b、7bを上記のような形状とすることで、各中心導体6b、7bの導体長を長くしてインダクタンスを大きくし、非可逆回路素子としての低周波化と小型化を両立させることができる。

【0036】

基部導体側端部6D、7Dは、図3に示すようにそれらの中心軸線B、B同士の間角度 θ_3 が上記角度 θ_1 と同程度の角度以上とされており、即ち、基部導体側端部6D、7Dが徐々に外側に広がるような角度とされている。

中央部6E、7Eは、図3に示すようにそれらの中心軸線B、B同士が徐々に近接するように形成されている。

先端部導体側端部6F、7Fは、図3に示すようにそれらの中心軸線B、B同士の間角度 θ_3 が上記角度 θ_1 より大きい角度とされており、即ち、先端部導体側端部6F、7Fが徐々に外側に広がるような角度とされている。

更に先端部導体6c、7cは、図3に示すようにそれらの中心軸線C、C同士の間角度 θ_2 が 150° 程度の角度以上とされており、即ち、先端部導体側端部6C、7Cが徐々に外側に広がるような角度とされている。

【0037】

次に、第1線路導体6の幅方向中央部には、共通電極10の外周部から基部導体6aと中心導体6bを通過し先端部導体6cの基端部まで到達するスリット部18が形成され、このスリット部18を形成することにより中心導体6bが2本の分割導体6b1、6b2に分割され、基部導体6aも2本の分割導体6a1、6a2に分割されている。

第2線路導体7の幅方向中央部にも上記スリット部18と同様のスリット部19が形成され、このスリット部19を形成することにより中心導体7bが2本の分割導体7b1、7b2に分割され、基部導体7aも2本の分割導体7a1、7

a 2 に分割されている。

スリット部 18 の共通電極 10 側の端部は、接続導体 6 a を通過して共通電極 10 の外周部から若干深い位置まで到達することで凹部 18 a を形成し、第 1 線路導体 6 の線路長を若干長くしているとともに、スリット部 19 の共通電極 10 側の端部も接続導体 7 a を通過して共通電極 10 の外周部まで到達することで凹部 19 a を形成し、第 2 線路導体 7 の線路長を若干長くしている。なお、凹部 18 a、凹部 19 a は必要に応じて設ければ良く、なくても良い。

【0038】

一方、共通電極 10 の他方の長辺部 10 a 側の中央部に第 3 線路導体 8 が延設されている。この第 3 線路導体 8 は共通電極 10 から突出形成された第 3 基部導体 8 a と第 3 中心導体 8 b（中心導体）と第 3 先端部導体 8 c とから構成されている。第 3 基部導体 8 a は、共通電極 10 の長辺側中央部からほぼ直角に延出形成された 2 本の短冊状の分割導体 8 a 1、8 a 2 からなり、2 本の分割導体 8 a 1、8 a 2 の間にはスリット 20 が形成されている。

第 3 中心導体 8 b は、平面視 L 字型に湾曲して形成されており、先の分割導体 8 a 1 に接続する平面視 L 字状の分割導体 8 b 1 と先の分割導体 8 a 2 に接続する平面視 L 字状の分割導体 8 b 2 とからなり、第 3 中心導体 8 b をこのように湾曲して形成することにより線路導体の実質的な導体長を長くしてインダクタンスを大きくし、非可逆回路素子としての低周波化と小型化を両立させることができる。

【0039】

更に、これらの分割導体 8 b 1、8 b 2 の先端側は L 字型の第 3 先端部導体 8 c に一体化されている。この第 3 先端部導体 8 c は、先の分割導体 8 b 1、8 b 2 を一体化して先の分割導体 8 a 1、8 a 2 と同じ方向に向けて延出形成された接続部 8 c 1 とこの接続部 8 c 1 に対してほぼ直角方向に延出形成された接続部 8 c 2 とから構成されている。

次に、共通電極 10 の一方の長辺部 10 a 側において、第 3 線路導体 8 の分割導体 8 a 1、8 a 2 の間の部分には、共通電極 10 の長辺部 10 a を一部切り欠く形で凹部 10 e が形成され、この凹部 10 e を形成することで第 3 線路導体 8

の線路長が若干長くされている。なお、この凹部 10 e も、先の凹部 18 a、19 a と同じく、必要に応じて設ければ良い。

【0040】

前記の如く構成された電極部 16 は、その共通電極 10 の本体部 10 A を板状磁性体 5 の裏面側（一面側）に添わせ、第 1 線路導体 6 と第 2 線路導体 7 と第 3 線路導体 8 とを板状磁性体 5 の表面側（他面側）に折り曲げて板状磁性体 5 に装着され、板状磁性体 5 とともに磁性組立体 15 を構成している。

即ち、第 1 線路導体 6 の分割導体 6 a 1、6 a 2 を板状磁性体 5 の 1 つの傾斜面 5 d の縁に沿って折り曲げ、第 2 線路導体 7 の分割導体 7 a 1、7 a 2 を板状磁性体 5 の他の 1 つの傾斜面 5 d の縁に沿って折り曲げ、第 3 線路導体 8 の分割導体 8 a 1、8 a 2 を板状磁性体 5 の長辺 5 a の縁に沿って折り曲げ、第 1 線路導体 6 の中心導体 6 a を板状磁性体 5 の表面（他面）に沿って添わせ、第 2 線路導体 7 の中心導体 7 b を板状磁性体 5 の表面（他面）に沿って添わせ、更に第 3 線路導体 8 の中心導体 8 b を板状磁性体 5 の表面部の中央部分に沿って添わせることで電極部 16 が板状磁性体 5 に装着されて磁性組立体 15 とされている。

【0041】

第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b を、上記のように板状磁性体 5 の表面（他面）に沿って添わせると、該板状磁性体 5 の表面上で第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b が交差する。図 1 には、中央部 6 E、7 E が重複している場合を図示した。

このとき、図 1 A 及び図 1 B に示すように、第 1 中心導体 6 b（入力側の中心導体）を第 2 中心導体 7 b（出力側の中心導体）よりも板状磁性体 5 側に位置させて、第 1 中心導体 6 b を板状磁性体 5 の他面に直に接触させて密着させる。こうすることで、第 1 中心導体 6 b と板状磁性体 5 との間で隙間が生じず、これにより第 1 中心導体 6 b のインダクタンスのばらつきが低減され、アイソレータ 1 の入力インピーダンスのばらつきを抑制することができる。

【0042】

また、図 1 B に示すように、第 2 中心導体 7 b（出力側の中心導体）は、絶縁シート Z を介して第 1 中心導体 6 b 上に重ねることが好ましい。同様に、第 3 中心導体 8 b は、絶縁シート Z を介して第 2 中心導体 7 b 上に重ねることが好まし

い。このようにして、各中心導体 6 b、7 b、8 b 同士を電氣的に絶縁できる。

また、第 2 中心導体 7 b を第 1 中心導体 6 b 上に重ねることで、第 2 中心導体 7 b を板状磁性体 5 に近接させて第 2 中心導体 7 b のインダクタンスを大きくでき、アイソレータ 1 の小型化により有利となる。またインダクタンスのばらつきを低減して出力インピーダンスのばらつきも抑制できる。

【0043】

また図 1 A に示すように、第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の交差部 3 5 の両中心導体の重複部分の長さ L_3 は、板状磁性体 5 の表面（他面）に重なる中心導体部分の長さ L_4 の 10% 以上、好ましくは 20% 以上とされている。図 1 A には、交差部 3 5 の両中心導体の重複部分の長さ L_3 が板状磁性体 5 の表面に重なる中心導体部分の長さ L_4 の約 75% である場合を図示した。

なお、第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の重複部分の長さ L_3 の上限としては、第 1、第 2 線路導体 6、7 の形状等を変更、例えば、第 1、第 2 基部導体 6 a、7 a の中心軸線 A、A 同士のなす角度 θ_1 や第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の各部分の中心軸線 B、B 同士のなす角度 θ_3 を変更することにより、板状磁性体 5 の表面に重なる中心導体部分の長さ L_4 の 100% まで可能である。

【0044】

また、第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の重複部分が交差する場合、その交差角度が 30° 以下であることが好ましく、さらに好ましくは 15° 以下である。

また、第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の重複部分の第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b は交差せず、略平行であることがさらに好ましい。

図 1 には、中央部 6 E、7 E の中心軸線 B、B が平行である場合を図示した。

【0045】

第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の交差部 3 5 の両中心導体の重複部分の長さ L_3 が、板状磁性体 5 の表面（他面）に重なる中心導体部分の長さ L_4 の 10% 以上としたことにより、上記重複部分の長さ L_3 が長くなるにしたがって、第 1、第 2 中心導体 6 b、7 b の重複部分で確保される容量値が大きくなり、その分、各中心導体 6 b、7 b のインダクタンスを小さく、即ち中心導体 6 b、7 b の導体長を短くでき、アイソレータ 1 の小型化に有利となる。

【0046】

なお、第1、第2線路導体6、7が上記のようにそれぞれ2本の分割導体に分割されている場合における、第1、第2中心導体6b、7bの交差部35の両中心導体の重複部分の長さとは、図4に示すように第1中心導体の一方の分割導体6b1と第2中心導体の一方の分割導体7b1の重複部分の長さL5あるいは第1中心導体の他方の分割導体6b2と第2中心導体の他方の分割導体7b2の重複部分の長さL6としてもよい。この場合、両分割導体の重複部分の長さL5、L6は、それぞれ板状磁性体5の表面（他面）に重なる中心導体部分の長さL4の10%以上とすることが先に述べた理由により好ましい。

【0047】

また、第1、第2線路導体6、7が上記のようにそれぞれ2本の分割導体に分割されている場合における、第1、第2中心導体6b、7bの交差部35の両中心導体の重複部分の交差角度とは、第1中心導体の一方の分割導体6b1と第2中心導体の一方の分割導体7b1の重複部分の交差角度であってもよいし、第1中心導体の他方の分割導体6b2と第2中心導体の他方の分割導体7b2の重複部分の交差角度であってもよい。この場合の交差角度は30度以下であることが先に述べた理由により好ましい。

【0048】

次に、磁性組立体15は下ヨーク2bの底部中央側に配置され、下ヨーク2bの底部側の磁性組立体15の両側部分には平面視細長で先の板状磁性体5の半分程度の厚さの板状の整合用コンデンサ11、12が収納され、整合用コンデンサ12の一側部側には終端抵抗13が収納されている。

そして、第1線路導体6の先端部導体6cを整合用コンデンサ11の一側端部に形成されている電極部11aに電氣的に接続し、第2線路導体7の先端部導体7cを整合用コンデンサ11の他側端部に形成されている電極部11bに電氣的に接続し、第3線路導体8の先端部導体8cを整合用コンデンサ12と終端抵抗13に電氣的に接続して磁性組立体15に整合用コンデンサ11、12と終端抵抗13とが接続されている。なお、終端抵抗13を接続しなければ、サーキュレータとして作用する。

【0049】

前記先端部導体 7 c の部分が接続された整合用コンデンサ 11 の端部側に非可逆回路素子 1 としての第 1 ポート P 1 が形成され、先端部導体 6 c の部分が接続された整合用コンデンサ 11 の端部側に非可逆回路素子 1 としての第 2 ポート P 2 が形成され、先端部導体 8 c の部分が接続された終端抵抗 13 の端部側がアイソレータ 1 としての第 3 ポート P 3 とされている。

【0050】

また、下ヨーク 2 b と上ヨーク 2 a との間の空間部において磁性組立体 15 はその空間部の厚さの半分程を占有する厚さに形成されており、磁性組立体 15 よりも上ヨーク 2 a 側の空間部分には、図 1 B に示すスペーサ部材 30 が収納され、該スペーサ部材 30 に磁石部材 4 が設置されている。

先のスペーサ部材 30 は、上ヨーク 2 a の内部に収納可能な大きさの平面視矩形板状の基板部 31 と、この基板部 31 の底部側の 4 隅の各コーナ部分に形成された脚部 31 a とからなり、基板部 31 において脚部 31 a …が形成されていない側の面（上面）に円型の収納凹部 31 b が形成され、該収納凹部 31 b の底面側には基板部 31 を貫通する矩形型の透孔（図示略）が形成されている。

【0051】

そして、先の収納凹部 31 b に円盤状の磁石 4 が嵌め込まれ、この磁石 4 を備えた状態のスペーサ部材 30 がそれらの 4 つの脚部 30 a で先の整合用コンデンサ 11、12 とこれらに接続されている第 1 先端部導体 6 c、7 c、並びに、終端抵抗 13 とこれに接続されている先端部導体 8 c の先端部を下ヨーク 2 b の底部側に押さえ付け、スペーサ部材 30 の底部により磁性組立体 15 を下ヨーク 2 b の底面側に押さえ付けた状態でヨーク 2 a、2 b の間に収納されている。

【0052】

上記のアイソレータ 1 によれば、板状磁性体 5 の飽和磁化の温度係数が -0.2 （%/℃）以上 -0.1 （%/℃）以下であり、従来の YIG フェライトの飽和磁化の温度係数よりも大きく、磁石 4 の残留磁化の温度係数（ $-85 \sim -35$ ℃の温度範囲で -0.20 （%/℃）以上 -0.15 （%/℃）以下）に近づくので、板状磁性体 5 の飽和磁化に対する磁石 4 の残留磁化の割合が温度低下に関

わらずほぼ一定となり、中心導体 6 b、7 b のインダクタンスが一定になって挿入損失の中心周波数が設定値から外れることがなく、アイソレータ 1 の挿入損失の増大を防止できる。

また、上記のアイソレータ 1 によれば、板状磁性体 5 の強磁性共鳴半値幅 ΔH が 4.8 kA/m 以下なので、挿入損失を小さくすることができる。

【0053】

更に、上記のアイソレータ 1 は、中心導体 6 b、7 b の交差部における両中心導体の重複部分の長さが、板状磁性体 5 の他面側に重なる各中心導体部分の長さの 10% 以上なので、各中心導体 6 b、7 b の重複部分で確保される容量値が大きくなり、その分、各中心導体 6 b、7 b のインダクタンスを小さくすることによって温度によるインダクタンスの変化量を極力少なくすることができ、アイソレータ 1 の挿入損失を低減できる。

【0054】

次に、図 5 A は、先の実施形態のアイソレータ 1 が組み込まれる携帯電話装置（通信機装置）の回路構成の一例を示すもので、この例の回路構成においては、アンテナ 40 にアンテナ共用器（ディプレクサ）41 が接続され、アンテナ共用器 41 の出力側にローノイズアンプ（増幅器）42 と段間フィルタ 48 と選択回路（混合回路）43 を介して受信回路（IF 回路）44 が接続され、アンテナ共用器 41 の入力側に先の実施の形態のアイソレータ 1 とパワーアンプ（増幅器）45 と選択回路（混合回路）46 を介して送信回路（IF 回路）47 が接続され、選択回路 43、46 に分配トランス 49 を介して局部発振器 49a に接続されて構成されている。尚、アイソレータ 1 の入力側の第 1 中心導体 6 b を送信回路 47 側に接続し、出力側の第 2 中心導体 7 b をアンテナ 40 側に接続している。

【0055】

先の構成のアイソレータ 1 は図 5 A に示すような携帯電話装置の回路に組み込まれて使用され、アイソレータ 1 からアンテナ共振器 41 側への信号は低損失で通過させるが、その逆方向の信号は損失を大きくして遮断するように作用する。これにより、増幅器 45 側のノイズ等の不要な信号を増幅器 45 側に逆入力させないという作用を奏する。

また、挿入損失が少ない上記のアイソレータ 1 を備えているので、送信回路 47 とアンテナ 40 との間において信号の劣化が少なく、携帯電話装置の通信能力の向上を図ることができる。

【0056】

図 5 B は図 1 から図 4 に示した構成のアイソレータ 1 の動作原理を示すものである。図 5 B に示す回路に組み込まれているアイソレータ 1 は、符号①で示す第 1 ポート P1 側から符号②で示す第 2 ポート P2 方向への信号は伝えるが、符号②の第 2 ポート P2 側から符号③の第 3 ポート P3 側への信号は終端抵抗 13 により減衰させて吸収し、終端抵抗 13 側の符号③で示す第 3 ポート P3 側から符号①で示す第 1 ポート P1 側への信号は遮断する。

従って図 5 A に示す回路に組み込んだ場合に先に説明した効果を奏することができる。

【0057】

なお、上記実施形態のアイソレータにおいては、磁性組立体 15 に備える電極部 16 の第 3 線路導体 8 が図 3 に示すような形状である場合について説明したが図 6 又は図 7 に示すような形状であってもよい。

図 6 の第 3 線路導体 80 が図 3 の第 3 線路導体 8 と異なるところは、分割導体 80a1、80a2 が非平行であり、詳しくは、互いの中央部を離間するようにして分割導体 80a1、80a2 から延設され、分割導体 80b1 と 80b2 とから菱形の中心導体 80b が構成されている。

【0058】

図 7 の第 3 線路導体 180 が図 3 の第 3 線路導体 8 と異なるところは、分割導体 180a1、180a2 が平面視直線状であり、これら分割導体 180b1 と 180b2 とから中心導体 180b が構成されている。この場合、第 3 線路導体 180 の板状磁性体 5 への折り曲げ加工がし易くなる。

【0059】

(第 2 の実施形態)

図 8 は本発明に係る非可逆回路素子をアイソレータとして適用した第 2 の実施形態を示すもので、この実施形態のアイソレータ 70 は、上ヨーク 71a と下ヨ

ーク 71b とからなる中空ヨーク 72 の内部に、換言すると、上ヨーク 71a と下ヨーク 71b の間に、4 角板状の永久磁石からなる磁石部材 75 とスペーサ部材 76 と磁性組立体 95 と整合用コンデンサ 58、59、60 と終端抵抗 61 とこれらを収容する樹脂ケース 62 とを収容して構成されている。

磁性組立体 95 は先の第 1 の実施の形態と同等の電極部 16 が平面視略長方形状の板状磁性体 65 に巻き付けられて構成されている。この板状磁性体 65 は先の形態の横長の板状磁性体 5 とほぼ同じ形状であるが若干正方形に近い長方形板状とされている。

板状磁性体 65 に巻き付けられた電極部 16 は、第 1 線路導体 6 の先端部導体を先の整合用コンデンサ 59 の一側端部に形成されている電極部（図示略）に電氣的に接続し、第 2 線路導体 7 の先端部導体を先の整合用コンデンサ 58 の他側端部に形成されている電極部（図示略）に電氣的に接続し、第 3 中心導体 8 の先端部導体を整合用コンデンサ 60 と終端抵抗 61 に電氣的に接続して磁性組立体 65 に整合用コンデンサ 58、59、60 と終端抵抗 61 とが接続されている。

図 7 に示す構造のアイソレータ 70 においても先の実施の形態のアイソレータ 1 と同等の効果を得ることができる。

【0060】

（第 3 の実施形態）

図 9 は本発明に係る非可逆回路素子をアイソレータとして適用した第 3 の実施形態を示す平面図である。

第 3 の実施形態のアイソレータ 101 が図 1 乃至図 4 に示した第 1 の実施形態のアイソレータ 1 と特に異なるところは、磁性組立体に備える電極部の形状と、第 1、第 2 線路導体が異なるコンデンサ基板に接続されている点である。

図 10 は、本実施形態のアイソレータ 101 に備えられる磁性組立体 15a の電極部 116 の展開図である。

この電極部 116 は、3 本の線路導体 106、107、108 と、共通電極 110 が一体化されてなるものである。

【0061】

共通電極 110 は、平面視先の板状磁性体 5 とほぼ相似形状の金属板からなる

本体部 110A から構成されている。即ち、本体部 110A は、相対向する 2 つの長辺部 110a、110a と、これらの長辺部 110a、110a に直角向きの短辺部 110b、110b と、長辺部 110a、110a の両端部側に位置して各長辺部 110a に対して 150° の角度で傾斜し、先の短辺部 110b に対しては 130° の傾斜角度で接続する 4 つの傾斜部 110d とから構成される平面視略長方形とされている。

【0062】

そして、共通電極 110 の 4 つのコーナ部の傾斜部 110d のうち、一方の長辺部側の 2 つの傾斜部 110d から第 1 線路導体 106 と第 2 線路導体 107 が延出形成されている。

まず、先の 2 つの傾斜部 110d の一方から、第 1 基部導体 106a と第 1 中心導体 106b と第 1 先端部導体 106c からなる第 1 線路導体 106 が延出形成される一方、先の傾斜部 110d の他方から、第 2 基部導体 107a と第 2 中心導体 107b と第 2 先端部導体 107c とからなる第 2 線路導体 107 が延出形成されている。

【0063】

第 1 中心導体 106b は、平面視波形あるいはジクザグ状のものであり、基部導体側端部 106D と、先端部導体側端部 106F と、これらの間の中央部 106E の 3 つの部分からなる。この第 1 中心導体 106b が第 1 の実施形態の第 1 中心導体 6b と特に異なるところは、中央部 106E の形状が平面視略く字状である点である。

第 2 中心導体 107b も第 1 中心導体 106b と同様の形状であり、基部導体側端部 107D と、先端部導体側端部 107F と、これらの間の平面視略く字状の中央部 107E の 3 つの部分からなる。

【0064】

次に、第 1 線路導体 106 の幅方向中央部には、第 1 の実施形態と同様にスリット部 118 が形成され、このスリット部 118 を形成することにより中央部導体 106b が 2 本の分割導体 106b1、106b2 に分割され、基部導体 106a も 2 本の分割導体 106a1、106a2 に分割されている。

第2線路導体107の幅方向中央部にも上記スリット部118と同様のスリット部119が形成され、このスリット部119を形成することにより中央部導体107bが2本の分割導体107b1、107b2に分割され、基部導体107aも2本の分割導体107a1、107a2に分割されている。

【0065】

一方、共通電極110の他方の長辺部110a側の中央部には第3線路導体108が延設されている。この第3線路導体108は共通電極110から突出形成された第3基部導体108aと第3中心導体108bと第3先端部導体108cとから構成されている。第3基部導体108aは、共通電極110の長辺側中央部からほぼ直角に延出形成された2本の短冊状の分割導体108a1、108a2からなり、2本の分割導体108a1、108a2の間にはスリット120が形成されている。一方の分割導体108a2は他方の分割導体108a1より幅広に形成されている。

【0066】

第3中心導体108bが第1の実施形態の第3中心導体8bと特に異なるところは、先の分割導体108a1に接続する平面視略直線状の分割導体108b1と先の分割導体108a2に接続する平面視略直線状の分割導体108b2とから第3中心導体108bから構成されており、これら分割導体108b1、108b2の間にはスリット120が形成されている。また、一方の分割導体108b2は他方の分割導体108b1より幅広に形成されている。

更に、これらの分割導体108b1、108b2の先端側はL字型の第3先端部導体108cに一体化されている。この第3先端部導体108cは、先の分割導体108b1、108b2を一体化して先の分割導体108a1、108a2と同じ方向に向けて延出形成された接続部108c1とこの接続部108c1に対してほぼ直角方向に延出形成された接続部108c2とから構成されている。

【0067】

上記のように第3中心導体108bの2本の分割導体がそれぞれ平面視略直線状であれば、第3線路導体108を板状磁性体5に巻き付けて磁性組立体15aを組み立てる際に第3線路導体108の位置ずれが起こりにくい。

また、上記のように第3中心導体108bが2本の分割導体に分割されている場合、これら分割導体108b1、108b2の間隔W5は広い方がアイソレーションの帯域を広くすることができる。

また、本実施形態では第3中心導体108bの2本の分割導体108b1、108b2のうち一方を他方より幅広にして剛性を高めているので、第3線路導体108を板状磁性体5に巻き付けて磁性組立体15aを組み立てる際に、第3線路導体108の変形を防止でき、分割導体108b1を挟幅にすることで挿入損失を低減することが可能になる。

【0068】

前記の如く構成された電極部116は、その共通電極110の本体部110Aを板状磁性体5の裏面側（一面側）に添わせ、第1線路導体106と第2線路導体107と第3線路導体108とを板状磁性体5の表面側（他面側）に折り曲げて（巻き付けて）板状磁性体5に装着され、板状磁性体5とともに磁性組立体15aを構成している。

【0069】

第1、第2中心導体106b、107bは上記構成とされているので、上記のように板状磁性体5の表面（他面）に沿って添わせると、板状磁性体5の表面上で第1、第2中心導体106b、107bが交差している。図9には、中央部106E、107Eが重複している場合を図示した。

【0070】

本実施形態で第1、第2中心導体106b、107bの交差部35aの両中心導体の重複部分の長さとは、図9に示すように中央部106Eの一方の分割導体106b1と中央部107Eの一方の分割導体107b1の重複部分の長さL7あるいは中央部106Eの他方の分割導体106b2と中央部107Eの他方の分割導体107b2の重複部分の長さL8であり、その場合、両分割導体の重複部分の長さL7、L8は、それぞれ板状磁性体5の表面（他面）に重なる中心導体部分の長さL4の10%以上とすることが先に述べた理由により好ましい。また、上記重複部分の長さL7、L8は、それぞれ板状磁性体5の表面（他面）に重なる中心導体部分の長さL4の20%以上とされていることが先に述べた理由

によりさらに好ましい。

分割導体 106b1 と分割導体 107b1 の重複部分は平行である部分（平行部 36a）以外に非平行部分を有しており、また、分割導体 106b2 と分割導体 107b2 の重複部分も平行である部分（平行部 36b）以外に非平行部分を有している。平行部 36a の長さは、分割導体の重複部分の長さ L7 の 20% 程度～60% 程度であることが好ましく、平行部 36b の長さは、分割導体の重複部分の長さ L8 の 20% 程度～60% 程度であることが好ましい。

【0071】

本実施形態での第 1、第 2 中心導体 106b、107b の交差部 35a の両中心導体の重複部分の交差角度とは、中央部 106E の一方の分割導体 106b1 と中央部 107E の一方の分割導体 107b1 の重複部分の交差角度あるいは中央部 106E の他方の分割導体 106b2 と中央部 107E の他方の分割導体 107b2 の重複部分の交差角度であり、その場合の交差角度は 30 度以下であることが好ましく、さらに好ましくは 15 度以下である。本実施形態のように両分割導体の重複部分が平行部 36a を有している場合、この平行部 36a での両分割導体の交差角度は 0 度あるいは略 0 度であり、非平行部での両分割導体の交差角度は 5 度～45 度であることが好ましい。

【0072】

次に、磁性組立体 15a は下ヨーク 3 の底部中央側に配置され、下ヨーク 3 の底部側の磁性組立体 15a の一方の側にコンデンサ基板 12、他方の側にコンデンサ基板 111a、111b が収納され、コンデンサ基板 12 の一側部側には終端抵抗 13 が収納されている。

そして、先の第 1 線路導体 106 の先端部導体 106c を先のコンデンサ基板 111a に形成されている電極部に電氣的に接続し、先の第 2 線路導体 107 の先端部導体 107c を先のコンデンサ基板 111b に形成されている電極部に電氣的に接続し、先の第 3 中心導体 108 の先端部導体 108c をコンデンサ基板 12 と終端抵抗 13 に電氣的に接続して磁性組立体 15a にコンデンサ基板 111a、111b、12 と終端抵抗 13 とが接続されている。なお、終端抵抗 13 を接続しなければ、サーキュレータとして作用する。

【0073】

前記先端部導体 107c の部分が接続されたコンデンサ基板 111b の端部側に非可逆回路素子 101 としての第 1 ポート P1 が形成され、先端部導体 106c の部分が接続されたコンデンサ基板 111a の端部側に非可逆回路素子 101 としての第 2 ポート P2 が形成され、先端部導体 108c の部分が接続された終端抵抗 13 の端部側がアイソレータ 101 としての第 3 ポート P3 とされている。

【0074】

本実施形態のアイソレータ 101 によれば、両分割導体の重複部分に上記平行部以外に上記非平行部があるので、非可逆回路素子の挿入損失の低減効果とアイソレーションの向上効果があり、特に、アイソレーションの帯域を広くすることができる。

【0075】

【実施例】

(実験例 1)

Y₂O₃ 粉末と Fe₂O₃ 粉末と Al₂O₃ 粉末と In₂O₃ 粉末とを混合し、この混合物を乾燥した後、1200℃で 2 時間仮焼きして仮焼物を得た。次にこの仮焼物を有機バインダーとともにボールミルに投入して 20 時間湿式粉碎した。この粉碎物を大気中もしくは酸素雰囲気中において 1450℃で本焼成してガーネットフェライトの各試料を得た。

尚、得られたガーネットフェライトは、YGdFeInAlO 系のガーネットフェライトであって各構成元素の組成比は表 1 に示すとおりである。表 1 に示した組成のうち、No.1~No.22 の組成は本発明の実施例に相当する組成であり、No.23~No.27 の組成は比較例に相当する組成である。

【0076】

得られたガーネットフェライトについて、25℃における温度係数と、強磁性共鳴半値幅 ΔH (各試料における損失項の虚数部 μ'' のピークの半値幅) 及び飽和磁化 ($4\pi Ms$) を測定した。結果を表 1 に示す。

この表 1 の結果に基づいて、Al 量を一定とした場合の Gd 量及び In 量に対

する温度係数及び強磁性共鳴半値幅 ΔH の関係を、多変量解析によって求めた。

即ち、下記の (1) ～ (5) の 5 種類の組成毎に、横軸を $G d$ 量とし、縦軸を $I n$ 量とした上で、温度係数が $-0.1\%/^{\circ}\text{C}$ の等値線、温度係数が $-0.2\%/^{\circ}\text{C}$ の等値線、 ΔH が 3.2 k A/m の等値線、 ΔH が 4.8 k A/m の等値線、をそれぞれプロットした。結果を図 1 1 ～ 図 1 5 に示す。

【 0 0 7 7 】

【表 1】

試料No	Y量	Gd量	Fe量	In量	Al量	O量	$\Delta H(kA \cdot m)$	$4 \pi M s (T)$	温度係数(%/°C)
1	2.5	0.5	4.553	0.0	0.33	12	4.40	0.112	-0.1727273
2	2.0	1.0	4.553	0.0	0.33	12	7.84	0.085	-0.0818182 $\times 10^{-9}$
3	2.0	1.0	4.453	0.1	0.33	12	4.32	0.095	-0.1363636
4	2.0	1.0	4.353	0.2	0.33	12	3.60	0.101	-0.1818182
5	2.0	1.0	4.253	0.3	0.33	12	3.68	0.106	-0.2272727
6	2.0	1.0	4.780	0.1	0.00	12	4.96	0.140	-0.1272727
7	2.0	1.0	4.680	0.1	0.10	12	4.64	0.126	-0.1272727
8	2.0	1.0	4.580	0.1	0.20	12	4.16	0.112	-0.1363636
9	2.1	0.9	4.680	0.1	0.10	12	4.56	0.133	-0.1454545
10	2.2	0.8	4.680	0.1	0.10	12	3.44	0.137	-0.1545455
11	2.3	0.7	4.680	0.1	0.10	12	2.88	0.144	-0.1636364
12	2.1	0.9	4.470	0.1	0.25	12	4.24	0.106	-0.1363636
13	2.2	0.8	4.510	0.0	0.25	12	4.48	0.108	-0.1363636
14	2.3	0.7	4.530	0.0	0.25	12	4.40	0.111	-0.1454545
15	1.9	1.1	4.515	0.1	0.25	12	4.64	0.101	-0.1272727
16	1.8	1.2	4.493	0.1	0.25	12	5.28	0.098	-0.1181818
17	1.9	1.1	4.473	0.1	0.25	12	4.00	0.103	-0.1363636
18	2.0	1.0	4.430	0.1	0.25	12	4.56	0.105	-0.1363636
19	1.7	1.3	4.370	0.2	0.25	12	5.76	0.095	-0.1181818
20	2.0	1.0	4.630	0.0	0.15	12	6.00	0.110	-0.0909091
21	1.8	1.2	4.550	0.1	0.11	12	4.96	0.115	-0.1090909
22	1.7	1.3	4.380	0.2	0.20	12	6.96	0.102	-0.1363636
23	3.0	0.0	4.553	0.0	0.33	12	1.44	0.140	-0.2272727
24	2.8	0.2	4.553	0.0	0.33	12	2.32	0.127	-0.2090909
25	3.0	0.0	4.503	0.1	0.33	12	1.36	0.142	-0.2454545
26	3.0	0.0	4.353	0.2	0.33	12	0.96	0.149	-0.3
27	3.0	0.0	4.153	0.4	0.33	12	1.12	0.148	-0.3545455

【0078】

(1) $Y_{3-x}Gd_xFe_{5-y}In_yO_{12}$ ($x=0 \sim 1.4$, $y=0 \sim 0.4$).

65)、

(2) $Y_{3-x}Gd_xFe_{4.9-y}In_yAl_{0.1}O_{12}$ ($x=0\sim 1.4$ 、 $y=0\sim 0.7$)、

(3) $Y_{3-x}Gd_xFe_{4.8-y}In_yAl_{0.2}O_{12}$ ($x=0\sim 1.4$ 、 $y=0\sim 0.7$)、

(4) $Y_{3-x}Gd_xFe_{4.7-y}In_yAl_{0.3}O_{12}$ ($x=0\sim 1.4$ 、 $y=0\sim 0.75$)、

(5) $Y_{3-x}Gd_xFe_{4.5-y}In_yAl_{0.5}O_{12}$ ($x=0\sim 1.4$ 、 $y=0\sim 0.8$)、

【0079】

図11に示すように、温度係数 $-0.1\%/^{\circ}\text{C}$ の等値線と $-0.2\%/^{\circ}\text{C}$ の等値線とは相互にほぼ平行であり、また ΔH が 3.2 kA/m の等値線と ΔH が 4.8 kA/m の等値線とは相互にほぼ平行であることがわかる。そして、温度係数の等高線の傾きよりも ΔH の等値線の傾きが大きくなっていることがわかる。このため、図11のグラフ上で、各等値線に囲まれた領域が存在する。即ち、温度係数が $-0.2\sim -0.1\%/^{\circ}\text{C}$ で、 ΔH が $3.2\text{ kA/m}\sim 4.8\text{ kA/m}$ の範囲の領域である。また、 In 量が負の値をとることはあり得ないので、更に In が0以上の領域に絞られる。図11において、各等値線に囲まれた領域を斜線部で示す。この斜線部の領域に含まれるガーネットフェライト組成が、本発明において好適な組成になる。即ち、 Al 量が0の場合は、 Gd 量が0.4以上が好ましく、 In 量が0以上0.5以下が好ましい。

【0080】

同様に、図12において、 Al 量が0.1の場合は、 Gd 量が0.4以上が好ましく、 In 量が0以上0.45以下が好ましい。また図13において、 Al 量が0.2の場合は、 Gd 量が0.33以上が好ましく、 In 量が0以上0.45以下が好ましい。更に図14において、 Al 量が0.3の場合は、 Gd 量が0.3以上1.5以下が好ましく、 In 量が0以上0.45以下が好ましい。更にまた図15において、 Al 量が0.5の場合は、 Gd 量が0.1以上1.05以下が好ましく、 In 量が0以上0.3以下が好ましい。

以上をまとめると、Gd量は0.3以上1.5以下、In量は0以上0.6以下、Al量は0以上0.5以下の範囲がよい。

【0081】

(実験例2)

ガーネットフェライトの組成が、 $Y_2Gd_1Fe_{4.573}In_{0.1}Al_{0.33}O_{12}$ (実施例1) 及び $Y_2Gd_1Fe_{4.583}In_{0.1}Al_{0.2}O_{12}$ (実施例2)、 $Y_3Gd_1Fe_{4.37}Al_{0.54}O_{12}$ (比較例) としたこと以外は上記実験例1の場合と同様にして、図2に示す形状のガーネットフェライトを得た。

【0082】

得られたガーネットフェライトに対して、図3に示すものと同様の電極部を組み付けて磁性組立体を得た。そして、得られた磁性組立体を、25℃における温度係数が $-0.18\%/^{\circ}C$ であるフェライト磁石とともに、軟鉄からなるヨーク内に収納し、図1及び図2に示すようなアイソレータを得た。

ガーネットフェライトの25℃における温度係数と強磁性共鳴半値幅 ΔH を求めた。更に、製造されたアイソレータについて、周波数0.926GHzにおける挿入損失を測定し、 $-35^{\circ}C$ 、25℃(常温)、 $85^{\circ}C$ におけるアイソレーションのピーク周波数と常温からのピーク周波数のズレをそれぞれ測定した。結果を表2に示す。

【0083】

【表 2】

	板状磁性体の組成	ΔH (kA/m)	飽和磁化 $4\pi Ms(T)$	温度係数 (%/°C)	挿入損失 (dB)	アイソレーションのピーク周波数 (常温(25°C)からのずれ) (MHz)		
						-35°C	25°C	85°C
実施例 1	$Y_2Gd_1Fe_{4.453}In_{0.1}Al_{0.33}O_{12}$	4.32	0.095	-0.14	0.362	933.5 (5.5)	928.0	940.2 (12.2)
実施例 2	$Y_2Gd_1Fe_{4.583}In_{0.1}Al_{0.2}O_{12}$	4.16	0.112	-0.14	0.361	921.0 (6.3)	914.7	928.8 (14.1)
比較例	$Y_3Gd_1Fe_{4.37}Al_{0.54}O_{12}$	1.84	0.107	-0.30	0.361	912.9 (-26.7)	939.6	968.8 (29.2)

【0084】

表 2 に示すように、実施例 1、2 におけるガーネットフェライトは、本発明の

組成範囲外の比較例におけるガーネットフェライトに対して、 ΔH が高く、飽和磁化（ $4\pi MS$ ）、挿入損失は同等であるものの温度係数が本発明の範囲内である。また、実施例 1、2 のアイソレーションのピーク周波数のズレは、低温側（ $-35^{\circ}C$ ）、高温側（ $85^{\circ}C$ ）のいずれにおいても比較例のものより著しく小さくなっていることが分かる。このようにして本発明の非可逆回路素子は、広い温度領域において安定した動作を示すことが判明した。

【0085】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明の非可逆回路素子によれば、板状磁性体の飽和磁化の温度係数が -0.2 （ $\%/^{\circ}C$ ）以上 -0.1 （ $\%/^{\circ}C$ ）以下であり、従来の YIG フェライトの飽和磁化の温度係数よりも大きく、磁石の残留磁化の温度係数に近づくので、板状磁性体の飽和磁化に対する磁石の残留磁化の割合が温度低下に関わらずほぼ一定となり、中心導体のインダクタンスが一定になって挿入損失の中心周波数が設定値から外れることがなく、非可逆回路素子の挿入損失の増大を防止できる。

また、本発明の非可逆回路素子によれば、板状磁性体の強磁性共鳴半値幅 ΔH が $4.8 kA/m$ 以下なので、挿入損失を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 A は第 1 実施形態のアイソレータの一部分を取り除いた状態を示す平面図、B は同アイソレータの断面図。

【図 2】 図 1 に示すアイソレータに用いられる磁性体基板の一例を示す平面図。

【図 3】 図 1 に示すアイソレータに用いられる電極部の展開図。

【図 4】 本発明の第 1 実施形態の例のアイソレータの一部分を取り除いた状態を示す平面図。

【図 5】 A はこの種のアイソレータが備えられる電気回路の一例を示す図、B はアイソレータの動作原理を示す図。

【図 6】 第 1 の実施形態のアイソレータの電極部の第 2 の例を示す図。

【図 7】 第 1 の実施形態のアイソレータの電極部の第 3 の例を示す図。

【図 8】 第 2 実施形態のアイソレータを示す分解斜視図。

【図 9】 第 3 実施形態のアイソレータの一部分を取り除いた状態を示す平面図。

【図 10】 図 9 に示すアイソレータに用いられる電極部の展開図。

【図 11】 A1 の化学量論比が 0 の場合における温度係数及び ΔH の I_n 及び G d の化学量論比依存性を示すグラフ。

【図 12】 A1 の化学量論比が 0.1 の場合における温度係数及び ΔH の I_n 及び G d の化学量論比依存性を示すグラフ。

【図 13】 A1 の化学量論比が 0.2 の場合における温度係数及び ΔH の I_n 及び G d の化学量論比依存性を示すグラフ。

【図 14】 A1 の化学量論比が 0.3 の場合における温度係数及び ΔH の I_n 及び G d の化学量論比依存性を示すグラフ。

【図 15】 A1 の化学量論比が 0.5 の場合における温度係数及び ΔH の I_n 及び G d の化学量論比依存性を示すグラフ。

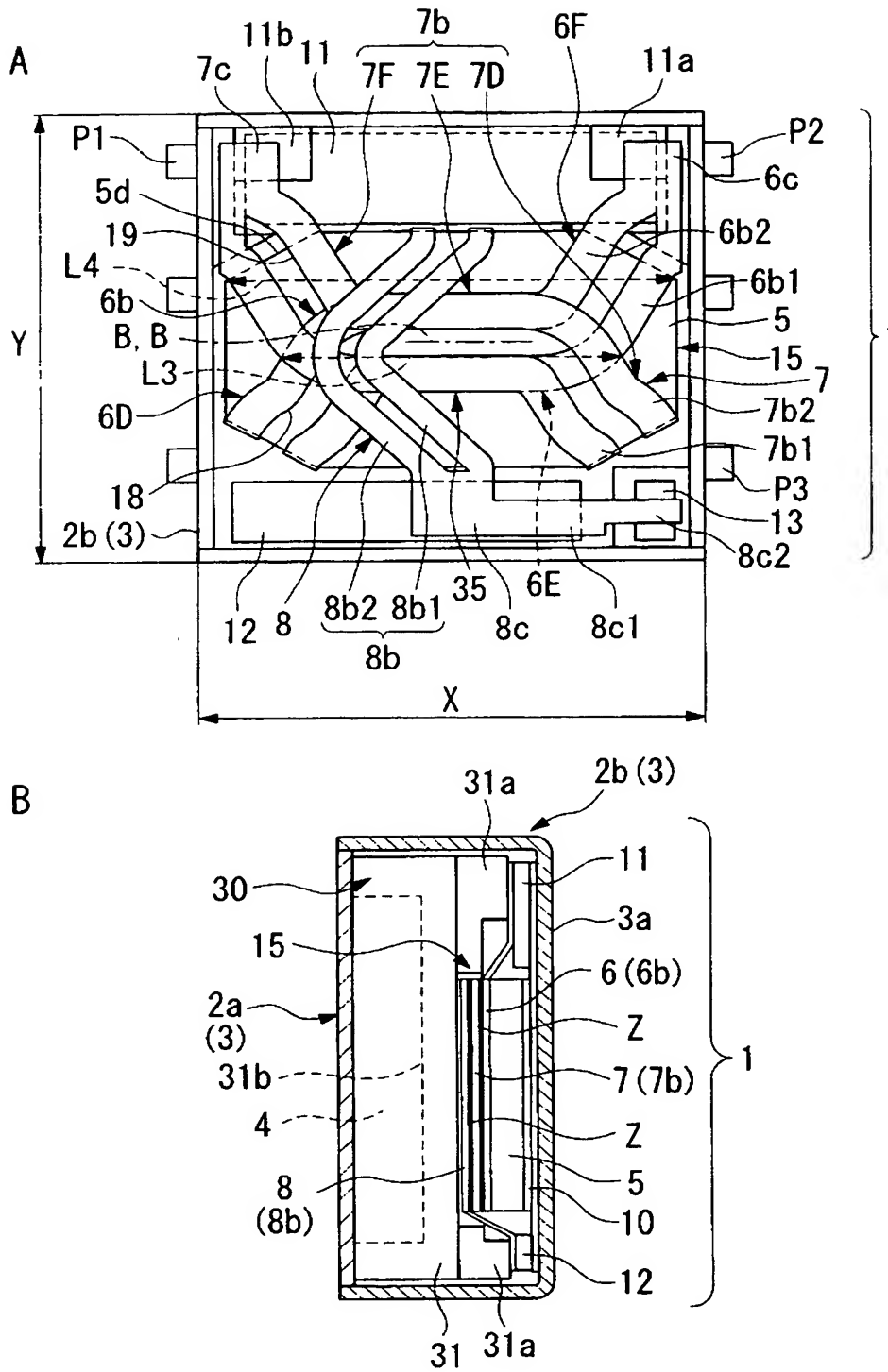
【符号の説明】

1…アイソレータ（非可逆回路素子）、3…中空ヨーク、4…磁石、5…板状磁性体、6 b…第 1 中心導体（中心導体）、7 b…第 2 中心導体（中心導体）、8 b…第 3 中心導体（中心導体）、10…共通電極、11, 12…整合用コンデンサ、13…終端抵抗、40…アンテナ、47…送信回路（送信回路部）、L3…両中心導体の重複部分の長さ、L4…磁性体基板の他面に重なる中心導体部分の中心導体部分の長さ。

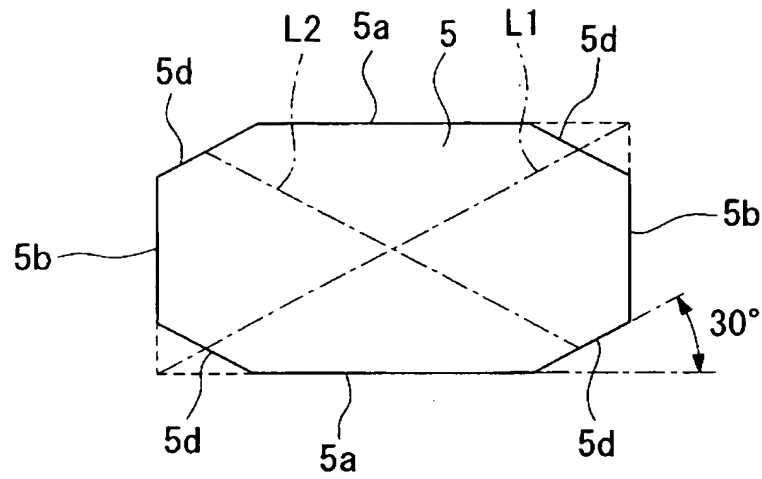
【書類名】

図面

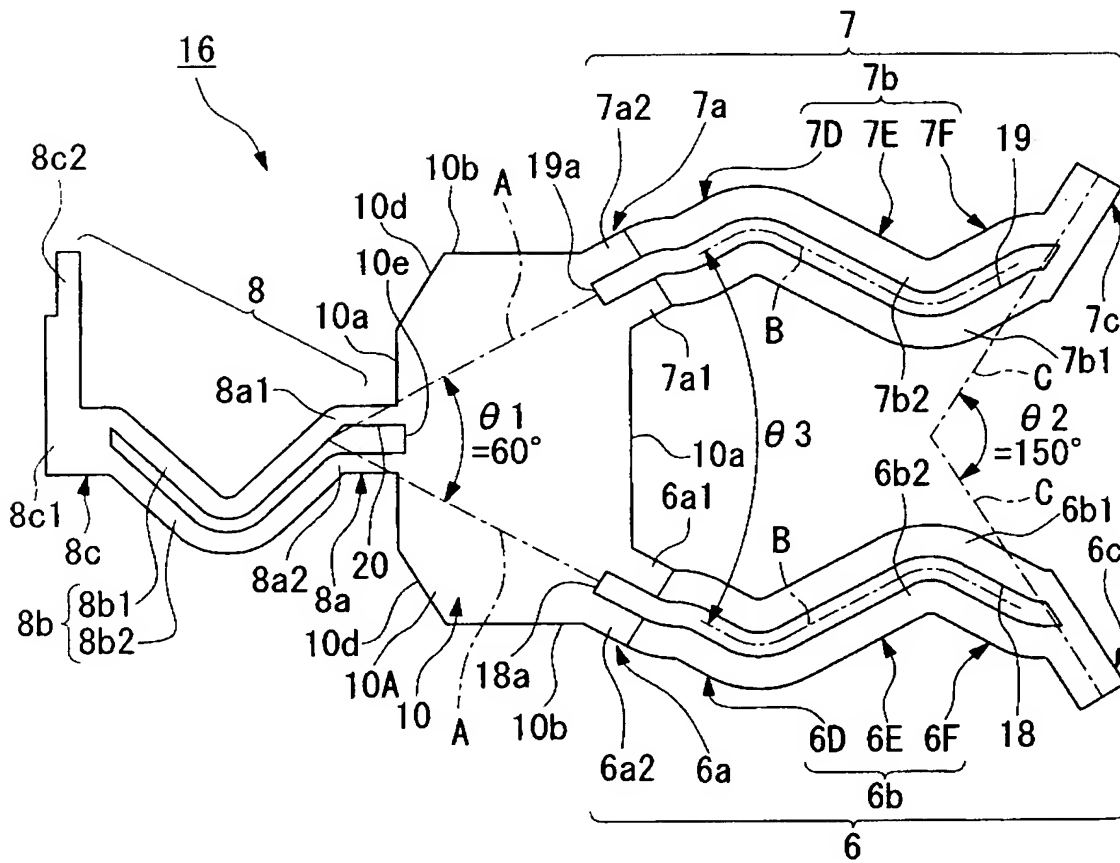
【図 1】



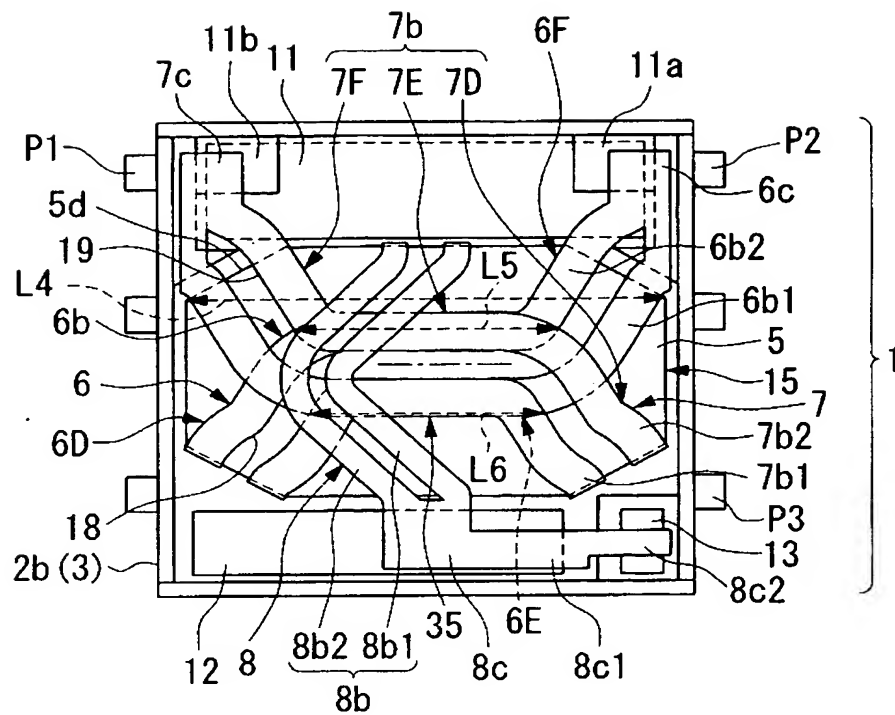
【図 2】



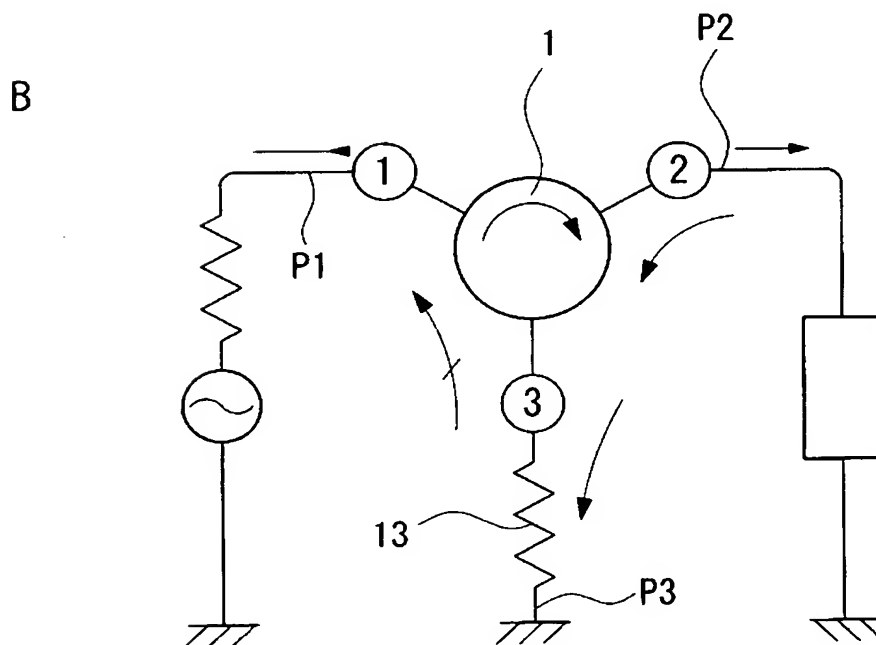
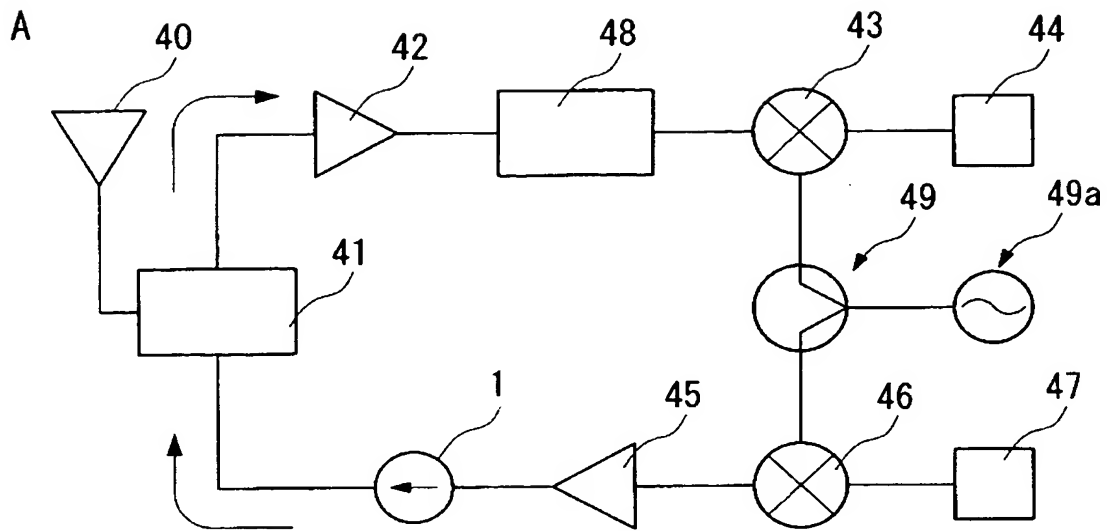
【図 3】



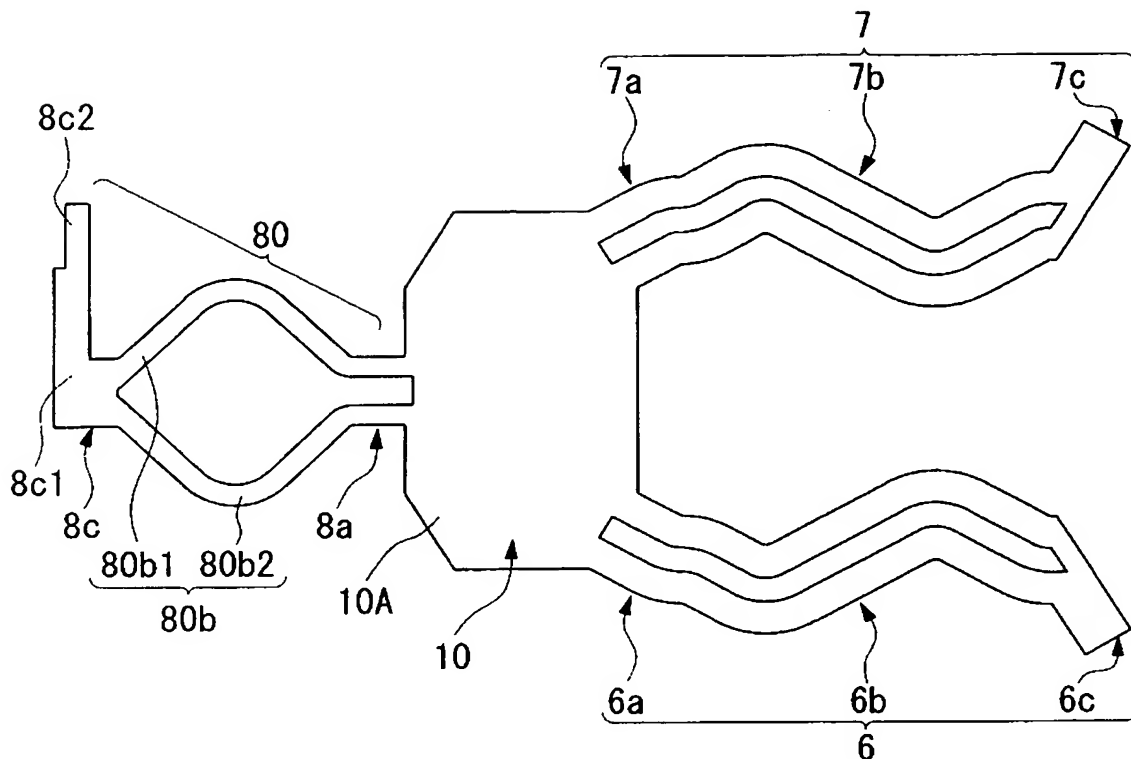
【図 4】



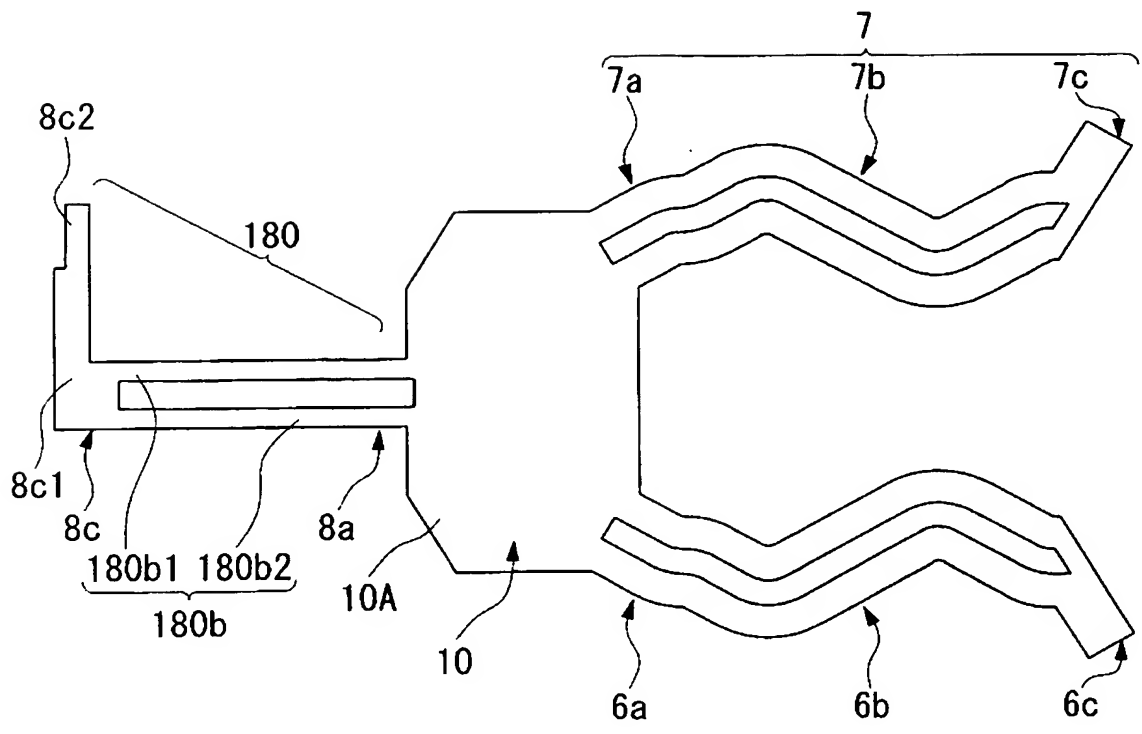
【図 5】



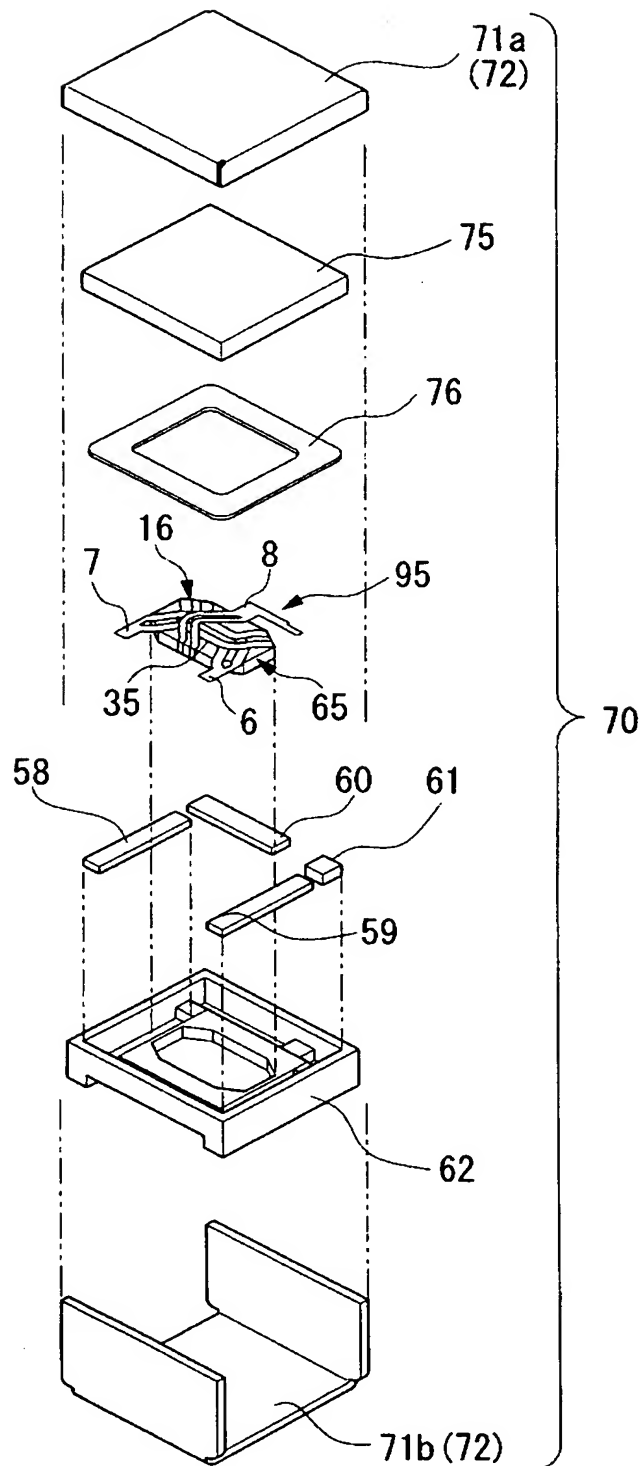
【図 6】



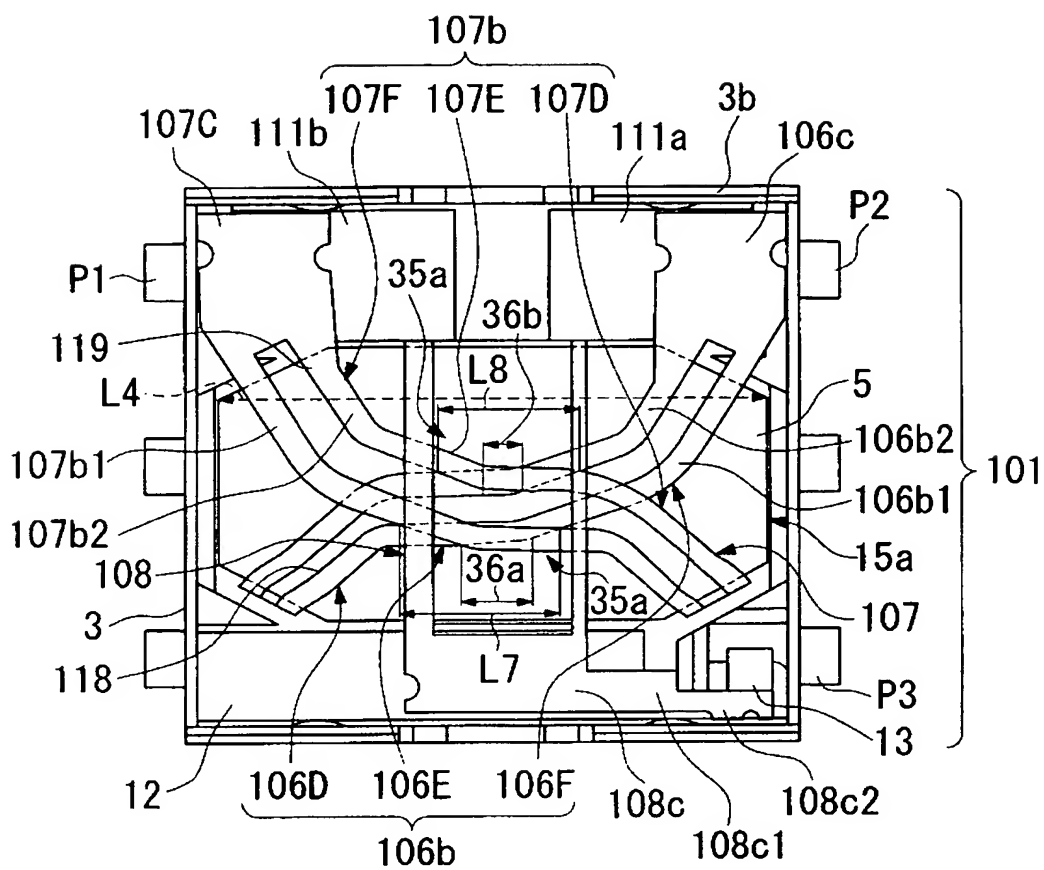
【図 7】



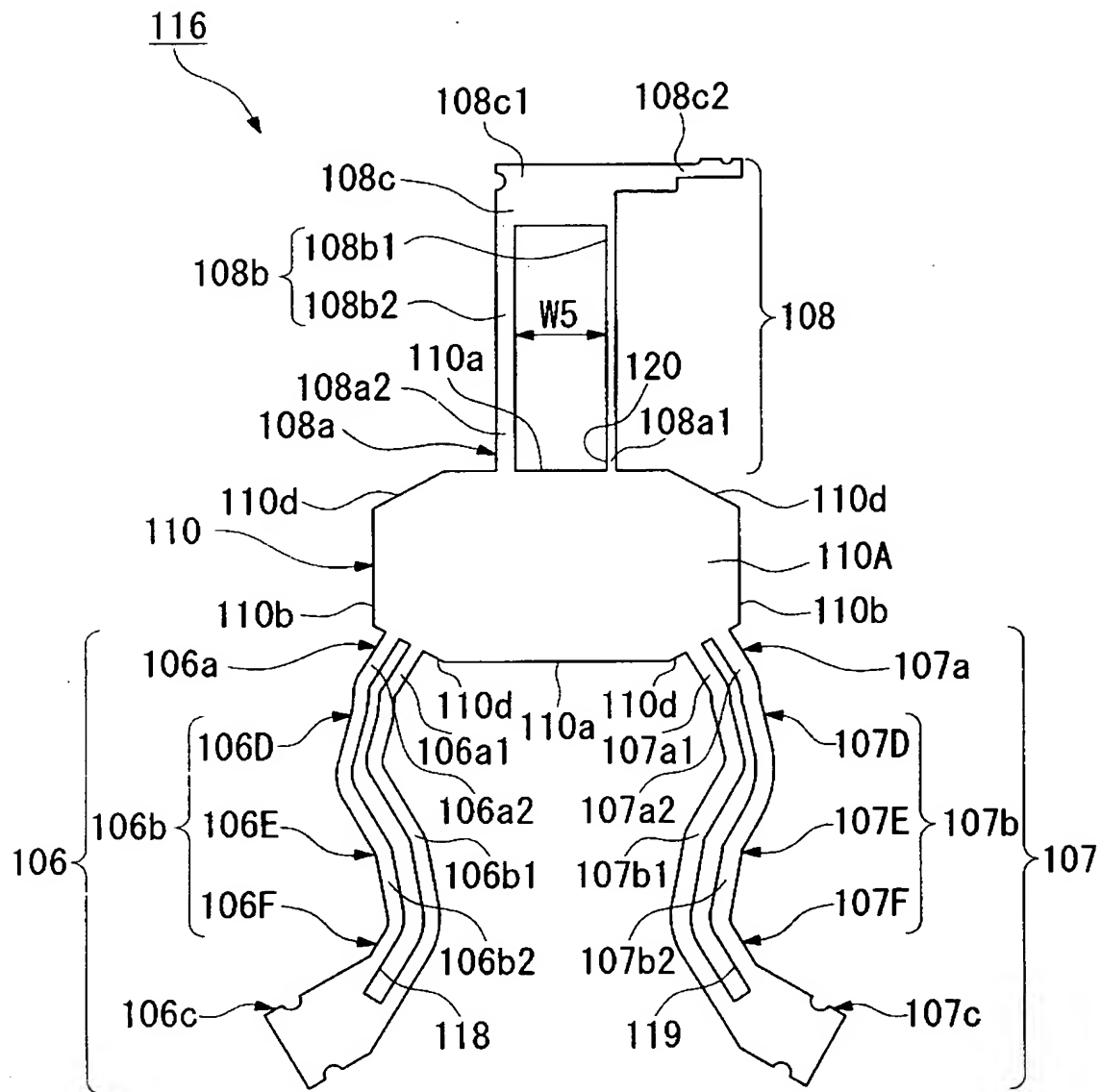
【図 8】



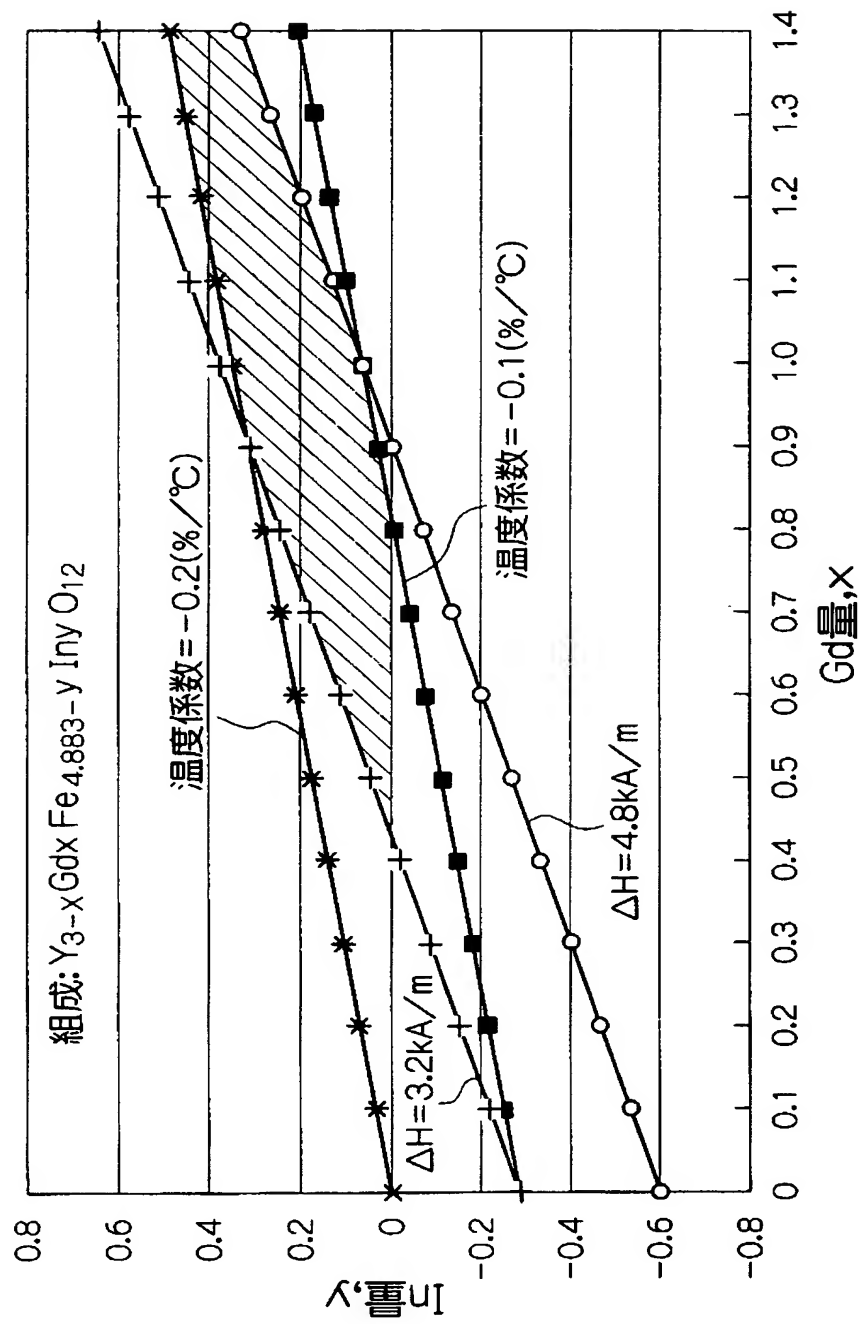
【図 9】



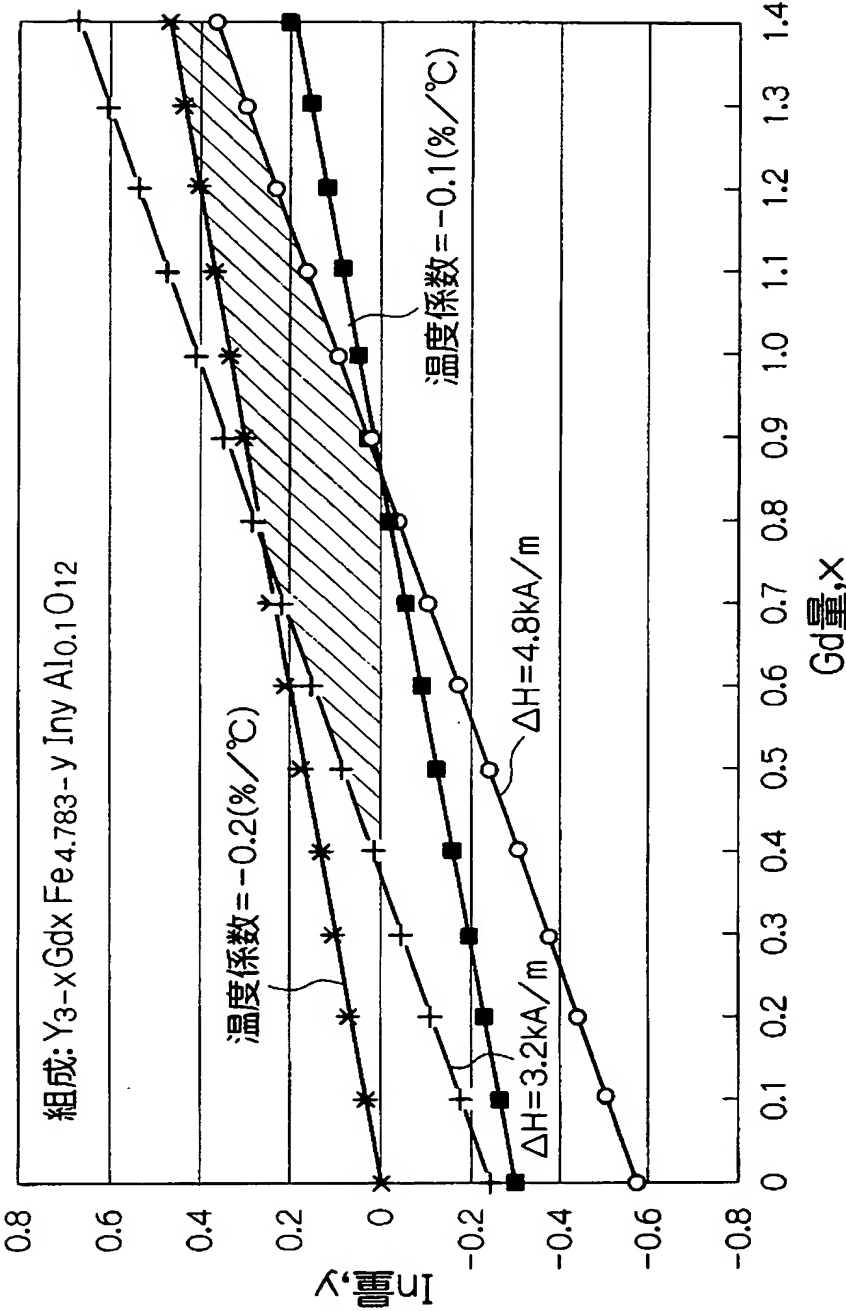
【図 10】



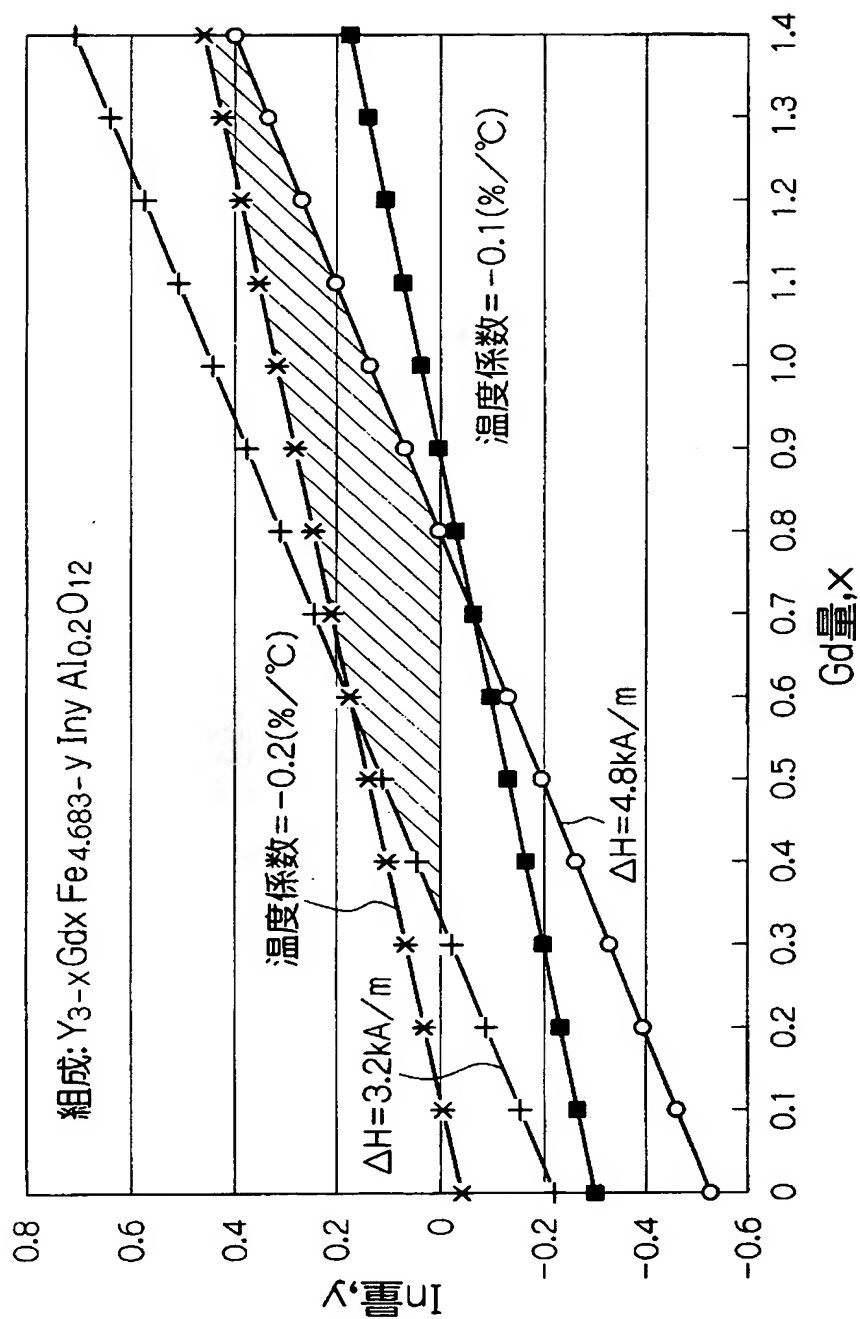
【図 11】



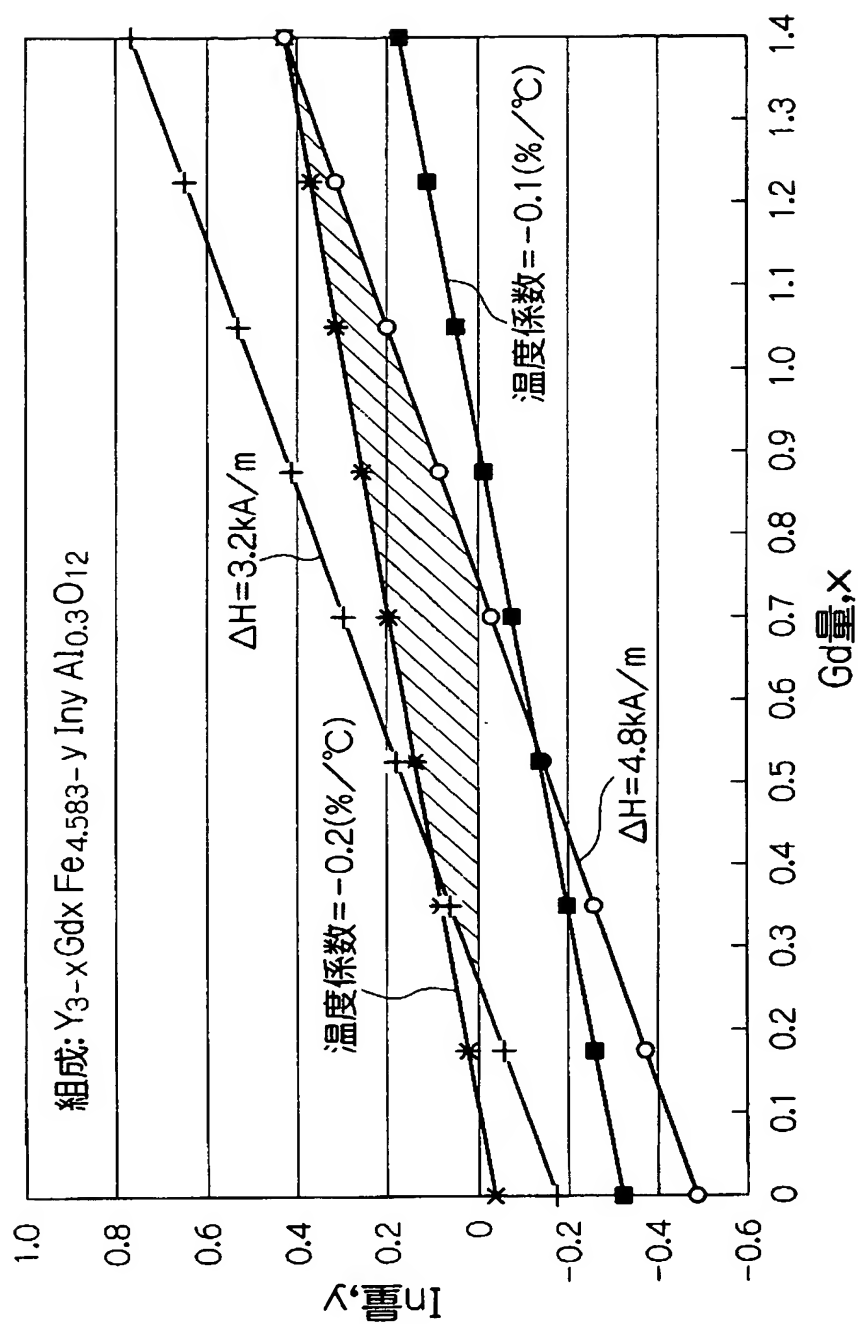
【図 12】



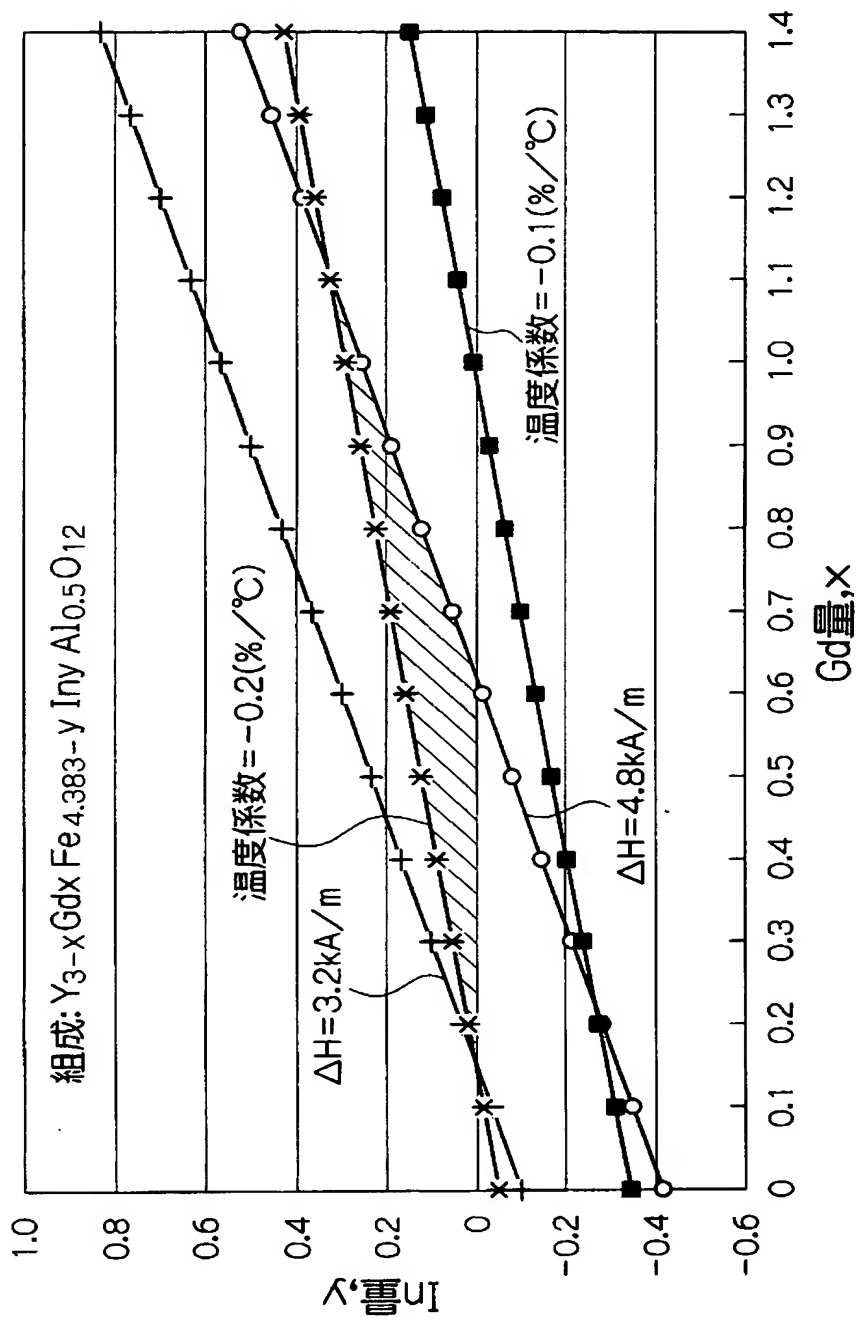
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度変化に対する挿入損失の中心周波数の変化が少ない非可逆回路素子を提供する。

【解決手段】 板状磁性体 5 と、共通電極と、中心導体 6 b、7 b、8 b と、板状磁性体 5 に対向して配置されたバイアス用の磁石 4 とを具備してなり、板状磁性体 5 の飽和磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.2 ($\% / ^{\circ}\text{C}$) 以上 -0.1 ($\% / ^{\circ}\text{C}$) 以下であり、磁石 4 の残留磁化の温度係数が $-85^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で -0.20 ($\% / ^{\circ}\text{C}$) 以上 -0.15 ($\% / ^{\circ}\text{C}$) 以下であることを特徴とする非可逆回路素子 1 を採用する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-334999
受付番号	50201744795
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成 14 年 11 月 20 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000010098
【住所又は居所】	東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
【氏名又は名称】	アルプス電気株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報 (続き)

【氏名又は名称】 鈴木 三義
【選任した代理人】
【識別番号】 100107836
【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】 西 和哉
【選任した代理人】
【識別番号】 100108453
【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】 村山 靖彦

次頁無



特願 2 0 0 2 - 3 3 4 9 9 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

氏 名

アルプス電気株式会社